اقرأ

الدكتور جرجس وليم العفيفي

# عصر الطاقة الشمسية

دار المعارف

# عصر الطاقة الشمسية

الدكتور جورج وهبه العفى

# عصر الطاقة الشمسية

اقرأ ٢٤٩

دار المعارف

اقرأ ٢٤٩ — سبتمبر ١٩٦٣

ملتزم الطبع والنشر : دار المعارف — ١١١٩ كورنيش النيل — القاهرة ج . ع . م .

# طاقة جديدة لعصر جديد

يبلغ عدد سكان العالم الآن نحو ثلاثة آلاف مليون نسمة تقريباً، وهم يزيدون فى سرعة واطراد ، حتى ليقال إنهم سيصبحون فى نهاية هذا القرن قريباً من أربعة آلاف مليون .

وفى الجمهورية العربية المتحدة بلغ عدد السكان ـ حسب تعداد عام ١٩٦٠ ـ ستة وعشرين مليوناً ، وينتظر أن يصل هذا الرقم إلى أربعين مليوناً فى عام ٢٠٠٠ .

وفى بلاد أخرى كثيرة كالهند والصين وغيرها يزيد السكان زيادة رهيبة تنذر بالمجاعة والأخطار الجمة ، مما دعا الناس إلى تذكر نظرية « مالتوس » الاقتصادية التى أذاعها فى أواخر القرن الثامن عشر ، وقال فيها إن أقل نسبة من الزيادة المئوية تتضاعف تضاعفاً هندسياً سوف يأتى وقت تزيد فيه على كل زيادة ممكنة فى مساحات الأرض المنزرعة ، مما يهدد البشرية بالمجاعات والفناء .

لقد كان « مالتوس » الراهب والعالم الاقتصادى محقاً فى نظريته التى تنذر بسوء المصير ، إن لم يدبر العالم مستقبله ، ويحدد النسل ، ويعمل على زيادة الأراضى المنزرعة ، مع أنه كان يجهل ما حققه العلم فى جميع أقطار العالم من تقدم مذهل خلال القرنين التاسع عشر والعشرين ، فحقق للبشرية ما كفل

لها الحياة المطمئنة مئات أخرى من الأعوام ، تختفى فيها أمراض وأوبئة كثيرة ، ويزيد فيها متوسط الأعمار .

ولكن المشكلة لا تزال تهدد العالم إن استمرت هذه الزيادة المطردة فى عدد السكان ، دون زيادة الرقعة المنزرعة ، وغزو الصحراء الجذباء ، وتحويلها إلى أراض منزرعة ومدن وقرى ومصانع جديدة .

والإنسان المسلح بسلاح العلم والتكنولوجيا الحديثة فى استطاعته أن يتغلب على عقبات لم يكن بالأمس يفكر فيها . وبفضل العلم أصبحت الأرض قادرة على استيعاب ملايين أخرى كثيرة بالرغم من المتشائمين أمثال « مالتوس » .

لقد عاون العلم فى الكشف عن طرق استغلال الأراضى الصحراوية وتحويلها إلى رقعة زراعية خصبة ؛ وإن غزواته لتحررنا من الفقر ، ومن الاعتماد على الغير والخضوع لسيطرته واستغلاله . وإن انتصارات العلم الرائعة لتجعلنا نتغلب على ما نلقاه فى طريقنا من عقبات ومصاعب . وإن ما كان بالأمس حلماً مستحيلاً هو اليوم — أو غداً — حقيقة واقعة ملموسة ، بفضل إيماننا بالعلم وبأثره العميق فى مستقبل الوطن . فزيادة المعرفة توسع الآفاق أمام أعيننا ، وتجعلنا نقف على موارد جديدة للثروة والطاقة ما كنا لنكشف عنها لولا الدراسة والبحث والجرى وراء المعرفة .

هناك طاقات معروفة للبشرية منذ أقدم العصور ، مثل

الشمس والماء والريح ، ولكن الشعوب جهلت قيمتها الحقيقية ، وكانت الآفاق ضيقة أمامها ، مغلقة بجهلها بالعلوم والتطبيقات التكنولوجية التى نعرفها اليوم ، والتى نفتح بها كل يوم باباً جديداً يؤدى بنا إلى أبواب جديدة أخرى تكشف عن الكنوز والثروات المخبوءة ؛ وهكذا يضع العلم فى أيدينا هذه القوة السحرية التى تهيئ للبشرية حياة لا نكاد نحلم بها اليوم ، ولكننا نستطيع أن نتخيلها على أساس علمى محض ، ولا نشك فى أنها — على هذا الأساس — سوف تصبح حقيقة مؤكدة واقعة بعد حين يطول أو يقصر حسب جهود العلماء وحماستهم وكشوفهم واختراعاتهم .

إن ثورة زراعيه وصناعية عارمة فى الجمهورية العربية المتحدة قد بدأت منذ أعوام معدودات ، بفضل إيمان الشعب وقادته بالعلم والعمل السريع ، لزيادة رقعة الأراضى المنزرعة ، وتعمير الصحراء ، واستغلال ثرواتها المعدنية والبترولية ، وإقامة المصانع حيث توجد المناجم وينابيع البترول ، والكشف عن معادن جديدة لم نكن نعرف شيئاً عن قيمتها الصناعية والاقتصادية أو الكشف عن مواد لم تعرفها الطبيعة ولكنها تُخلق فى المعامل خلقاً ، كما يحدث فى الحصول من مادة البترول — بتنقيته والحصول على مشتقاته الخاصة بالوقود أو تحضير المواد البتروكيميائية منه — على اللدائن التى اتسع — وما زال يتسع — مدى استعمالها ، حتى أصبحت تدخل فى صناعة المنازل وهياكل السيارات

والمطاط والملابس والعقاقير الطبية والراديو والتلفزيون ومواد البناء والطلاء والتشحيم والأثاث ، ومئات الألوف من الأدوات التى تدخل فى حياة الإنسان اليومية .

ومما يهمّ هذه الدراسة تلك اللدائن المستعملة فى تقطير الماء بالطاقة الشمسية ، ومواد أخرى تدخل فى تركيب بطاريات السليكون لتحويلها إلى كهربا ، وبذلك نتحول تدريجاً عن اتخاذ البترول والفحم مصادر للطاقة ، ونلجأ إلى مصادر كيميائية جديدة لا نهاية لعددها .

إن طاقات الشمس والرياح والمياه ستكون فى المستقبل القريب مصادر لطاقاتنا المحركة . فالعلماء يفتحون كل يوم أبواباً جديدة للثروة بفضل بحوثهم ، وإن لم يعثروا على بغيتهم فى باطن الأرض أو فى أعماق البحار ، فإن لهم طرقهم الرائعة فى خلقها خلقاً من الهواء أو الماء . ومن مواد ما كان الإنسان ليظن أن لها نفعاً ، أو أنها ستصبح يوماً ينبوعاً لثروات جديدة وحياة رخية هنيئة .

وليست هذه الكشوف الجديدة بالأمر الهين السهل . فلم تكن الأبواب مفتحة أمام العلماء والباحثين ، فيعثروا عليها فى يسر ، ولكنها كانت فى الماضى ، وما زالت فى الحاضر ، وستبقى كذلك فى عالم الغد ، ثمرة جهود جبارة وكفاح مر وصبر وعناد وتضحيات تصورها قصص بطولات رائعة نعجب بها وتلذ لنا معرفتها وقراءتها .

هل كان تعمير الوادى الجديد ، والكشف عن النهر الجوفى ، وقياس مياهه ، ومدى كفايته ، ثم مستقبله البعيد — هل كان هذا كله أمراً ليناً سهلاً ؟ . . . وهذه مديرية التحرير تمتد وتتسع بسرعة . . .

وهذا السد العالى قد أصبح مشروعاً جباراً يسير بخطى حثيثة ثابتة نحو التنفيذ ، بعد أن كان حلماً يراود الأفكار . . .

هل من السهل الكشف عن البترول والفحم والمعادن المخبوءة فى باطن الأرض ، والتى ربما كان على مقربة منها جماعات من البدو يعيشون فى فقر مدقع فى إحدى الواحات ، أو فى قرى مبعثرة بالقرب من سواحل البحار؟... إن تلك الثروات قد خفيت عنهم لجهلهم بالطرق العلمية للعثور عليها والاستفادة منها .

لقد كان شعب الجمهورية العربية المتحدة مهدداً — بعد عشرين أو ثلاثين سنة — بالفقر والجوع الذى تشتد وطأته كلما مرت الأعوام وتكاثف السكان ؛ لولا أن أنعم الله على هذا البلد الطيب بقادة مخلصين وعلى رأسهم الزعيم البطل جمال عبدالناصر ، الذى اخترق بنظراته الصائبة وفكره النير حجب المستقبل المظلمة ، وتطلع إلى الأمام عشرات ، بل مئات الأعوام ، فأخذ يجد ويسعى ليهيئ لبنى وطنه مستقبلاً يسوده الشبع والرخاء ، ويدأ يبنى هذا المستقبل على أساس متين من العلم والإيمان بمستقبل هذا الوطن ، وعلى الجرأة والشجاعة والبحث والتقصى والكفاح والعمل المضنى الذى يجعل للرمال فى النهاية قيمة الذهب .

إن ازدياد عدد السكان لن يخيفنا بعد ، فأجيال الغد الذين يضعون أقدامهم على عتبة العصر الجديد لتطبيقات العلم الرائعة سيكونون علماء يمهدون بعقولهم وأيديهم سبل حياتهم وحياة من يليهم ، عبر القرون والأجيال .

وإن الشرارة الأولى التى أطلقتها الثورة فى النواحى العلمية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية ، وسائر مناحى الحياة ، جعلتنا ننظر إلى الغد بمنظار التفاؤل والاطمئنان .

لقد خلد التاريخ سير عدد من القادة والعظماء والمحررين ، ولاشك أنه سيضع فى المقدمة أولئك الذين حرروا بلادهم سياسياً واقتصادياً ، وأعدوا للمستقبل عدته ، فدرسوا حاجات بلادهم ، وقاموا بتنفيذها فى حزم وعزم وسرعة ونشاط وذكاء وعلم .

وهذه الحياة الجديدة تحتاج إلى طاقات جديدة ، وإلى مياه عذبة ، للشرب ولرى الأراضى التى لا بد من زراعتها ، وغرس الغابات حولها ، لصد الرمال عنها ، وتثبيت أرضها ، وتخفيف حرارتها الشديدة ؛ كما تحتاج إلى كميات ضخمة من المياه لسد حاجة المصانع فى عملياتها المختلفة .

إنها معركة كبيرة ، وسوف نكسبها بإذن الله !

معركة تعمير الصحراء ! . . .

والمعركة بيننا وبين الصحراء عنيفة جبارة . . . إنها معركة حياة أو موت ؛ فإما أن نقهر الصحراء ونزرعها ، وتمتد رقعة العمران فيها شيئاً فشيئاً ؛ وإما أن تطغى الصحراء علينا

قليلا قليلا ، وتدفن الأرض والمدن والقرى وطرق المواصلات تحت الرمال . . . إنها تزحف كل عام بضعة أمتار لا نكاد نشعر بها ، ولكنها عملية هدامة مستمرة شديدة الوطأة ؛ وعلينا أن ندفعها ونجاهد فيها بكل قوانا ، لأن النصر في معركة الصحراء انتصار لغدنا ، وغد أولادنا ، ورفاهيتهم ورفاهيتنا .

إن عدداً كبيراً من المدن والقرى سوف يظهر بين الرمال ، ليعيش فيها الألوف والملايين من أصحاب العزائم القوية المسلحين بالإيمان والخلق والعلم ، ليصلوا بين الواديين القديم والجديد . وسيمتد عمرانهم من البحر المتوسط شمالاً ، إلى بحيرة ناصر جنوباً ؛ وسيغطون رمال الصحراء بالمراعي والحقول والحدائق والمصانع . . .

وإن جوّ الصحراء سيلطف ويعتدل ، وإن التقارب والتآخي سيزداد بين سكان الجمهورية العربية المتحدة والجمهورية السودانية ، وستنتشر الأراضي الخصبة الجديدة ، والمدن الصناعية ، والموانى السياحية والتجارية ، تضيئها وتدير مصانعها قوى الكهربا من السد العالى .

ولن يقف الأمر عند هذا الحد ؛ فستتجه العزائم إلى الناحية الشرقية من وادى النيل حتى شواطئ البحر الأحمر وأوديته الغنية بثرواتها المعدنية والبترولية ، وتعبرها إلى شبه جزيرة سيناء ، فتحولها إلى جنات وارفة الظلال . . . .

ولقد بدأت هذه المعجزة التى حققها الزعيم البطل بعزيمته

وتصميمه على قهر الصحراء وتعمير تلك المناطق المنعزلة النائية ، فاختفت الطرق العتيقة الخطرة وحلت مكانها طرق كبيرة مرصوفة ، تحميها من الرمال حواجز من أشجار الغابات زرعت حديثاً ؛ وأخذت تنشط فى هذه المناطق البعيدة حركة الانتقال بسيارات « الأوتوبيس » المنتظمة والسيارات الخاصة وسيارات النقل ؛ ونمت مدن ساحلية سوف تجذب إليها السائحين من مختلف أقطار العالم .

وهذه طائرات الهليكوبتر وغيرها تتنقل بين أرجاء هذه المناطق النائية باحثة منقبة عن مناطق التعدين والمياه الجوفية والأراضى الصالحة للزراعة التى يمكن تعميرها قبل غيرها ، فضلاً عن أن هذه الطائرات تستخدم للنقل السريع والاتصال المستمر بهذه المناطق ، وتموينها بالأغذية وسائر حاجياتها .

إن مشاريع وبحوثاً علمية كانت قد أثيرت فى أوقات مختلفة ثم أغفلت ، ومضت عليها الأعوام الكثيرة حتى كادت تنسى ، فجاءت الثورة فبعثت فيها الحياة من جديد ونهضت بدراستها على ضوء احتياجاتنا الجديدة وتطوراتنا العلمية والفنية والاجتماعية ، مثل منخفض القطارة وغيره من المشروعات التى تدرس الآن وتجرى عليها البحوث والاختبارات .

وعصر الثورة العلمية أساسه الطاقة . وكلما ازدادت ثروتنا من الطاقة قوىَ ساعدنا وأصبح فى إمكاننا السير فى مقدمة الركب .

إنه عصر الطاقة الشمسية الجبارة . . .

عصر الطاقة الكهربية من السد العالى . . .

عصر طاقة الرياح التى كنا نستهين بها، فى حين نستطيع الحصول منها على كميات هائلة من الطاقة للإضاءة بالكهربا ، وإدارة الآلات ، واستخراج المياه الجوفية لرى الأراضى القاحلة . وسيحصل على الطاقة فى وقت قريب من الفرق بين حرارة البحار السطحية التى تكتسبها من الشمس، وحرارة مياه الأعماق المنخفضة ، وهو فرق كبير ، ولاسيما على شواطئ بحار المناطق المتوسطة الحرارة كالبحر الأحمر ، والمناطق الاستوائية ، حتى يمكن الإفادة منها فى تحويل المياه الملحة إلى مياه عذبة للشرب وزراعة الأراضى وفى إدارة الآلات وإضاءة المدن الساحلية بالكهربا .

إن فلاحنا اليوم على أبواب عصر جديد، فزراعة الأرض قد أصبحت ترتكز على أسس علمية واجتماعية جديدة ... سيختفى الفأس والمحراث ، وستتطور طرق الرى والزراعة والحصاد العتيقة التى تناقلها الأبناء عن الآباء . . . إن فلاح اليوم يتحول إلى فلاح جديد تكشف عنه الأعوام القادمة ، ففلاح الغد له صوته المسموع فى المؤتمر الوطنى ، وجمعيات التعاون ، ومجالس القرى ؛ وهو مثقف متعلم ، يعرف كل شىء عن البذور المنتقاة ، وعن آلات الحرث والحصاد ورى الأرض ،

فيديرها ويصلحها . وهو خبير بأحدث الطرق وأكثرها اقتصاداً ونظافة لتربية الدواجن والحيوانات وتسويق منتجاتها ، وسيكون فى متناول يده جميع آلات الحرث والحصاد والرى والأسمدة الجيدة وأجهزة حلب اللبن وتعقيمه وصناعة الجبن والزبدة ، وتجفيف الخضر والفاكهة وطرق تغليفها وتصديرها . وصناعة أنواع الشراب والمربى ، وستدخل الكهربا بيته لإضاءته وإدارة آلاته الصغيرة . والأمل كبير فى أن تكون هذه الأجهزة رخيصة تخرجها إلى حيز الوجود عقول شبابنا الباحث عن طاقة الشمس أو الرياح .

إن العلماء فى الوطن العزيز ، وفى كثير من بلاد العالم ، يعملون ويدرسون ويقفون جهودهم على البحث والكشف ، ليعثروا على وسائل جديدة أقل نفقة وأكثر نفعاً .

وفى معاهد البحوث بدأت تباشير عصر جديد بتلك الطاقات الجديدة ، من أجل التعمير والبناء ، من أجل الرخاء ، من أجل الوطن الاشتراكى الديمقراطى التعاونى الذى نعده لسعادة الأجيال الحاضرة والمستقبلة ، حتى نقف على أقدامنا وسط تلك المنافسة المريرة فى الأسواق التجارية والصناعية العالمية .

إن لنا — بالعلم والعمل والجهد والمثابرة والتعاون الوثيق ، وبإرادة الشعب — أن نحلم بحياة كريمة قوية ، قد تبدو الآن ضرباً من الخيال ... ولكن الغد سيحقق تلك الآمال جميعاً ، بل أكثر منها .

بعون الله وتوفيقه — الدكتور جورج وهبة العفى

# استغلال الطاقة الشمسية

الشمس . . . أعظم نعم الله . . . ترسل أشعتها الدافئة إلى الأرض فتبعث فيها الحياة .

وقد عرف الإنسان منذ أقدم العصور أن الشمس مصدر الحياة والقوة ، فاتخذ منها إلهاً يتعبد إليه . فنى مصر كانوا يرمزون إليها بالإله « رع » ، وفى الدولة الرومانية القديمة يرمزون إليها بالإله « ميترا » .

وكان سكان أمريكا الجنوبية – خلال مدنياتها القديمة – يضعون المرايا فوق قمم الجبال لتجميع أشعة الشمس وإشعال النيران ، لإضاءة سفوح الجبال فى الليل، وتبادل الإشارات الضوئية، عبر المسافات البعيدة .

ولم تكن فكرة استغلال حرارة الشمس شيئاً مجهولاً عند قدماء المصريين ، منذ آلاف السنين ، فقد ظل تمثالا ممنون الموسيقيان – حتى بضع عشرات من الأعوام – تصدر عنهما أصوات موسيقية جميلة تحية لشروق الشمس فى الصباح كل يوم . والطريقة التى اتبعها الفراعنة قد كشف عن سرها العثور على حجرة صغيرة داخل التمثال منقسمة إلى جزئين بينهما ثقب صغير ، وقد امتلأ أحدهما بالهواء والآخر بالماء المتجمع من قطرات الندى . فعندما تشرق الشمس يتمدد الهواء بتأثير

الحرارة ، ويضغط على الماء ، فيدفعه إلى التدفق فى الجزء الثانى من الحجرة ؛ ويضغط الماء بدوره على الهواء فيخرج عبر ثقوب ، فيحدث هذا الصوت الموسيقى الجميل . فإذا ما غربت الشمس تقلص الهواء ثانية ، وبدأت قطرات الندى تتجمع فى الجزء الخاص بها من الحجرة ، قبل شروق شمس اليوم التالى .

واستعمل العالم الإغريقى « أرخميدس » المرايا الحارقة للدفاع عن بلاده ، ونجح بواسطتها فى إحراق أسطول العدو الرومانى عندما رأوه يقترب من أسوار « سيراكوز » . وهذه المرايا التى كشف عنها قد وضعت بشكل خاص ، لتركيز الأشعة فى بؤرتها ، ثم توجيهها صوب الهدف .

وفى القرن السابع عشر قام العالم « بوفون » بعمل تجربة أمام لويس الرابع عشر ملك فرنسا ، فجمع أشعة الشمس المنعكسة من مائة وأربع وأربعين مرآة فى بورة واحدة تبعد ستين متراً عن المرايا ، وكان قد وضع كوماً كبيراً من الأخشاب فى هذه البورة ، فأحرقها عن آخرها .

ووضع « كاسينى » قضباناً من الفضة والحديد فى بوتقة كبيرة صوب إليها طاقة حرارية عظيمة تنعكس من مجموعة من المرايا المقعرة ، فانصهرت هذه القضبان فى ثوان معدودات .

وجاء « لافوازييه » العالم المشهور خلال الثورة الفرنسية ، فاخترع جهازه المصنوع من عدد كبير من العدسات ووضع فى عدسة كبيرة فى مقدمة الجهاز كحولا ، ليجعل

انحراف أشعة الشمس خلالها على أشدّ ما يكون ، وبواسطة هذا الجهاز المصنوع من العدسات بدل المرايا استطاع الحصول على درجات حرارة عالية كانت كافية لصهر الحديد والبلاتين .

وفى عام ١٨٧٥ اخترع « موشو » آلة بخارية تتكون من غلاية أسطوانية من النحاس طليت باللون الأسود ، تسع مائة لتر ، وتحيط بها مرآة معدنية مخروطية الشكل ، مساحة سطحها الذى يعكس أشعة الشمس على الغلاية ٢٠ متراً مربعاً ، فترفع حرارة الماء إلى درجة الغليان . واستعمل البخار فى إدارة آلات صغيرة .

وأقام « شومان » جهازاً لتوليد القوى الشمسية فى عام ١٩١١ فى فيلادلفيا ، وهو مكوّن من أحواض معدنية يجرى فيها الماء ، وقد غطيت بألواح من الزجاج لحفظ الحرارة ؛ وثبتت على جوانب الأحواض مرايا مستوية . وتبلغ مساحة الأحواض جميعاً أربعمائة وخمسة وستين متراً مربعاً . وفى استطاعة هذا الجهاز أن يحوّل مائتى لتر من الماء بخاراً فى الساعة الواحدة . وعيب هذا الجهاز أنه مثبت فى مكانه ، فلا يستطيع متابعة الشمس فى حركتها طول النهار ، وبذلك تقل كفايته الإنتاجية فى أغلب ساعات النهار .

وبعد ذلك بعامين أقام جهازاً آخر فى مصر ، بالقرب من المعادى ، بعد أن أدخل عليه بعض التحسينات الطفيفة ، إذ كانت المرايا الموضوعة على جوانب الأحواض مقعرة ، ويتبع

الشمس فى دورانها . واستعمل البخار الناتج من هذا الجهاز فى إدارة آلات قوتها قوة مائة حصان ، لرفع المياه وري الأراضي .

ثم انصرفت دول العالم إلى استغلال الفحم والبترول ، واكتشفت القوى البخارية والكهربية . . . ومرت الأعوام وشهد العالم حروباً استنفد فيها الكثير من رصيد الفحم والبترول ، فأخذ يفكر فى قلق : ماذا يكون المصير إن نفد يوماً هذان الوقودان اللذان تعتمد عليهما المصانع والتقدم الراهن ؟

سوف يتجه العالم إلى الطاقة الذرية ، ولكنها طاقة محدودة ، باهظة النفقات ، لن تفيد إلا فى الصناعات الضخمة والإضاءة بالكهربا ، وقد تنفد سريعاً ، إذ أن خامات اليورانيوم والثوريوم والعناصر المشعة الأخرى التى عثر عليها حتى الآن فى العالم قليلة لا تكفى غير بضع مئات من الأعوام .

لذلك بدأت الأنظار تتجه نحو الطاقة الطبيعية الكبرى التى لا تنفد : طاقة الشمس .

يقول : « فارنجتون دانيلز » فى مقدمة كتابه « بحوث الطاقة الشمسية » : « لو وجه إلىّ السؤال التالى فى عام ١٩٣٨ : أيهما يسبق استعماله فى غير أوجه الزراعة : الطاقة الذرية أم الطاقة الشمسية ؟ لكان جوابى حينذاك دون شك : الطاقة الشمسية ! . . ولكن الكشف عن انشطار الذرة فى عام ١٩٣٩ ، والتقدم السريع فى ميدان الطاقة الذرية ، جعلنى أعترف بأننى أخطأت التقدير » .

ويرجع ذلك التقدم السريع في ميدان الطاقة الذرية إلى ما أنفق على بحوث الذرة من بلايين الدولارات ، فى حين أن ما أنفق لاستغلال الطاقة الشمسية لا يكاد يذكر .

إن الطاقة التي فى كل من الغذاء والوقود يرجع أصلها إلى الطاقة الشمسية ، بواسطة التمثيل الضوئى فى النبات ؛ فبهذه الطريقة يتحد ثانى أكسيد الكربون بالماء ، مع وجود مادة الكلوروفيل الخضراء كعامل مساعد للحصول على كربوهيدرات ومواد عضوية أخرى .

وتعتبر الأشعة الشمسية أكبر مصدر للقوة ؛ وقد أصبح فى الإمكان قياسها ، عند وصولها إلى سطح الأرض ، بواسطة أجهزة خاصة دقيقة . وفى العالم الآن ثلاث محطات لإجراء هذه المقاييس ، أولها فى « شيلى » على ارتفاع ثلاثة آلاف متر ، والثانية فى صحراء « موجاف » فى كاليفورنيا ، والثالثة فى شبه جزيرة سيناء ؛ وقد اختيرت سيناء لصفاء جوها وندرة أمطارها ، مما يتيح أدق قياس لدراسة الأشعة التي تصل إلى الأرض ، والتى تنعكس ثانية خلال طبقات الجو إلى الفضاء فتمتصها هذه الطبقات . كما تجرى التجارب لدراسة التأثيرات البيولوجية الطبية والزراعية والصناعية التى تحدثها الإشعاعات .

وفى الأعوام الأخيرة أخذت تدور حول الأرض الأقمار الصناعية التى أطلقتها كل من أمريكا وروسيا إلى الفضاء ، وترسل إلى المحطات الأرضية الإشارات والتقارير التى تسجلها

الأجهزة الألكترونية التى تغذيها بالكهربا بطاريات شمسية . ومما يدعو إلى الإعجاب أن قوة تلك البطاريات التى تحول أشعة الشمس إلى كهربا لم تضعف حتى اليوم .

وفى روسيا والهند والمكسيك قرى تستعمل الآن الطاقة الشمسية فى تسخين المياه والطهى والتدفئة . وقد ركبت أجهزة فوق أسطح مبانى المدينة الأزهرية لتسخين المياه ، وتجرى تجارب عملية فى معهد البحوث القومى للاستفادة العملية من الطاقة الشمسية فى التسخين والطهى والتدفئة والتبريد وتكييف الهواء وتحويل الماء الملح إلى عذب . وتقام فى الوقت الحاضر محطات تجريبية للحصول على الماء العذب بالقرب من السويس ومرسى مطروح وشبه جزيرة سيناء .

ومن الطريف أن نذكر فى هذا المقام قصة النائب الأمريكى « جولد وانز » الذى يستغل الطاقة الشمسية فى الاستعمالات المنزلية المختلفة فى بيته ، فى أريزونا . ومن بينها جهاز آلى تحركه القوة الشمسية يرفع العلم الأمريكى فوق منزله كل صباح وينزله فى المساء .

ويواصل المهندسون والعلماء فى عدد كبير من الأقطار بحوثهم وتجاربهم لاستغلال الطاقة الشمسية بأجهزة تجمع بين الاقتصاد فى النفقات والحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة .

وفى عام ١٩٥٣ عقد أول مؤتمر دولى هام فى ولاية أريزونا الأمريكية ، ثم كان مؤتمر روما فى شهر أغسطس من السنة

الماضية ، وقد جمع أكثر من أربعمائة عالم ومهندس جاءوا من إحدى وسبعين دولة ، لا ليقفوا على أحدث طرق استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والحرارة الجوفية للأرض والأجهزة الجديدة التى اخترعت، ولكن ليتدارسوا فى أحسن الوسائل للحصول على الطاقة من هذا الكنز المخبوء فى أشعة الشمس ، واستغلالها فى خير البشرية ورفاهيتها ، وتعمير المناطق المنعزلة القفرة ، لمواجهة اطراد زيادة عدد السكان ، ولتوسيع رقعة الأراضى المنزرعة ، وتحويل الثروة المعدنية إلى صناعات تزدهر بها البلاد وتهيئ لها الثراء والاستقلال الاقتصادى .

وهذه المناطق ليست فى حاجة إلى إقامة المصانع الكبيرة التى تديرها التوربينات الضخمة ، وإنما هى فى حاجة إلى أجهزة صغيرة ورخيصة تمدها الشمس والرياح بطاقات صغيرة تكفى لإضاءة المنازل وإدارة مضخات المياه الجوفية أو الآلات الصغيرة للاحتياجات المحدودة لأهل البلدة الناشئة ، ثم ما يحتاج إليه أهلها من أفران لطهى الطعام وتسخين الماء ،



موقد شمسى للطهى

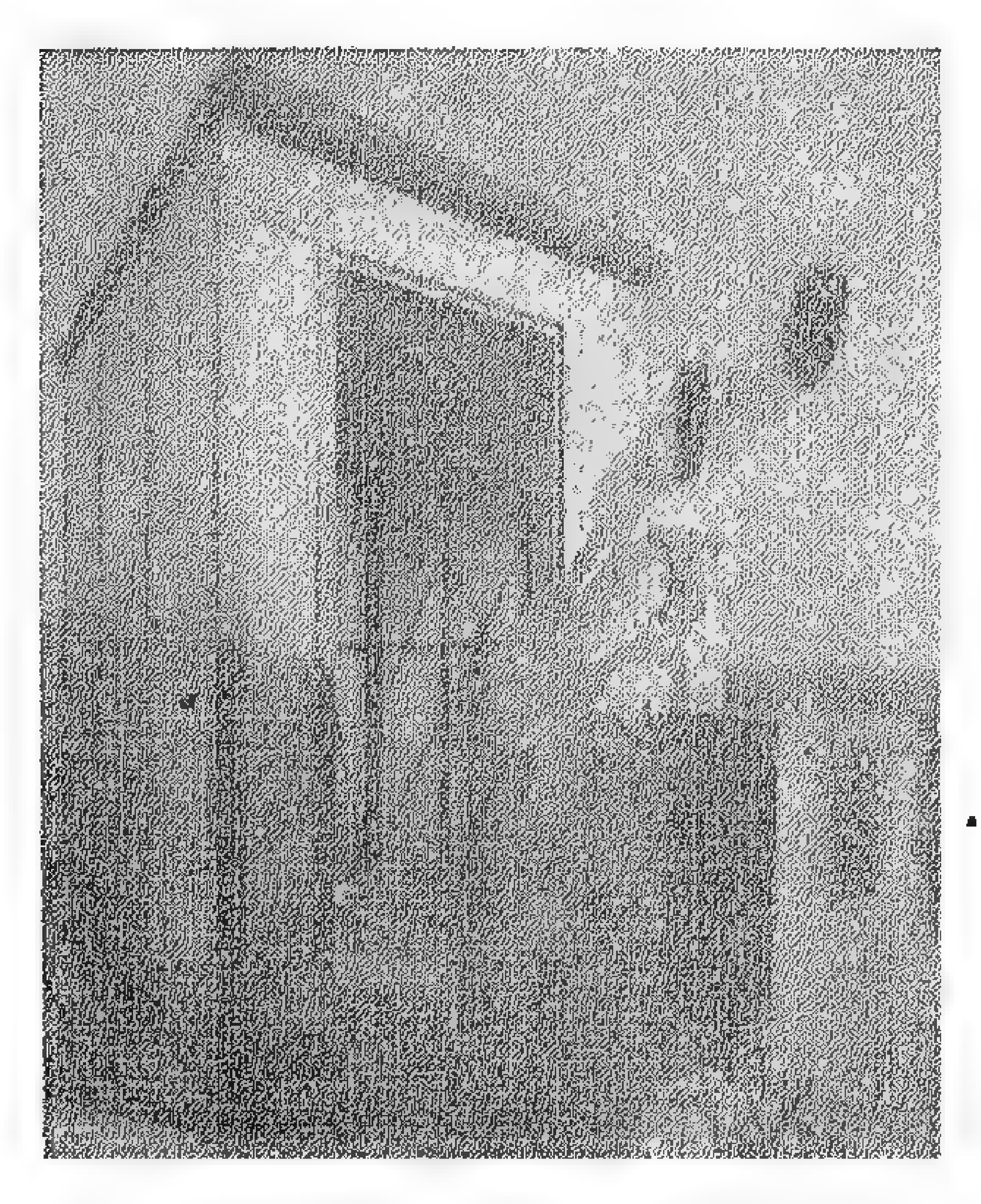
وآلات لطحن الحبوب وعصر الزيوت ، وأجهزة لتحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة إن كانت مناطق التعمير بالقرب من شواطئ البحار ، أو فى بقع تكون مياهها الجوفية مالحة بعض الملوحة ، ولتكييف الهواء والتبريد وحفظ الأطعمة ، وتجفيف الفاكهة والخضر واللحوم ، إذا أتيح لنا التوسع فى المراعى بالقرب من ساحل البحر المتوسط ، وللتدفئة فى ليالى الشتاء ، وفى أغراض الصناعة المحدودة كصهر الخامات وتركيزها وتنقيتها . . .

هذه — وغيرها كثير — آفاق جديدة تبشر بمستقبل سعيد سوف يرفع من مستوى المعيشة ويوفر العمل والحياة المستقرة المطمئنة للرواد الأوائل لتعمير الصحراء .

ليطمئن شباب اليوم على مستقبله ، فالغد من صنع يديه وكفاحه وإعداده منذ صباه الأول بالدرس والصبر والعمل الشاق من أجل غد ليس بالبعيد تتوفر له فيه حياة الطمأنينة والرفاهية .

# قياس الأشعة وامتصاصها

دلت المقاييس المختلفة للطيف على أن درجة حرارة السطح الخارجى للشمس تبلغ ٦٠٠٠° مئوية فى حين تبلغ فى داخلها حوالى ٢٠ مليون درجة . ويقدر ما يصيب المتر المكعب على سطح الأرض من حرارة الشمس بكيلووات واحد ، وهذا القدر ضئيل جداً ، لبعد الشمس عنا نحو مائة وتسعة وأربعين مليون كيلومتر ، ولما تمتصه طبقات الفضاء المختلفة .



جهاز لدراسة الإشعاعات الشمسية

وتختلف درجة امتصاص العناصر المختلفة فى الكون لحرارة الشمس ، فبعضها شفاف تمر من خلاله ، وبعضها يعكس الأشعة ثانية ، وبعضها الآخر له خاصية الامتصاص ؛ فالزجاج والكوارتز والبلورات مواد شفافة تمر منها الأشعة ومن

المواد العاكسة بعض المعادن كالذهب والفضة والألومنيوم والسبائك ، وهى تعكس أكثر الإشعاعات التى تصل إليها دون أن ترتفع حرارتها إلا قليلا ، فالفضة تعكس الأشعة بنسبة ٩٢٪ والألومنيوم يعكسها بنسبة ٨٢٪ ؛ ولذا تستخدم المواد الشفافة والعاكسة فى صنع الأجهزة والآلات الشمسية . أما المواد التى تصنع منها الأجزاء الماصة للحرارة فما زالت فى حاجة إلى كثير من الدراسة للتعرف على أكثرها فائدة واقتصاداً ، وهى التى تهمنا ، لامتصاصها الحرارة واختزانها .

ويعتبر الجسم الأسود أكثرها امتصاصاً للأشعة ، فالمفروض أنه يمتصها بأكملها . ويعتبر الجرافيت وأكسيد النحاس وأكسيد الحديد أقرب المواد من الجسم الأسود لامتصاصها كل الإشعاعات الساقطة عليها تقريباً .

# تركيز الطاقة الشمسية

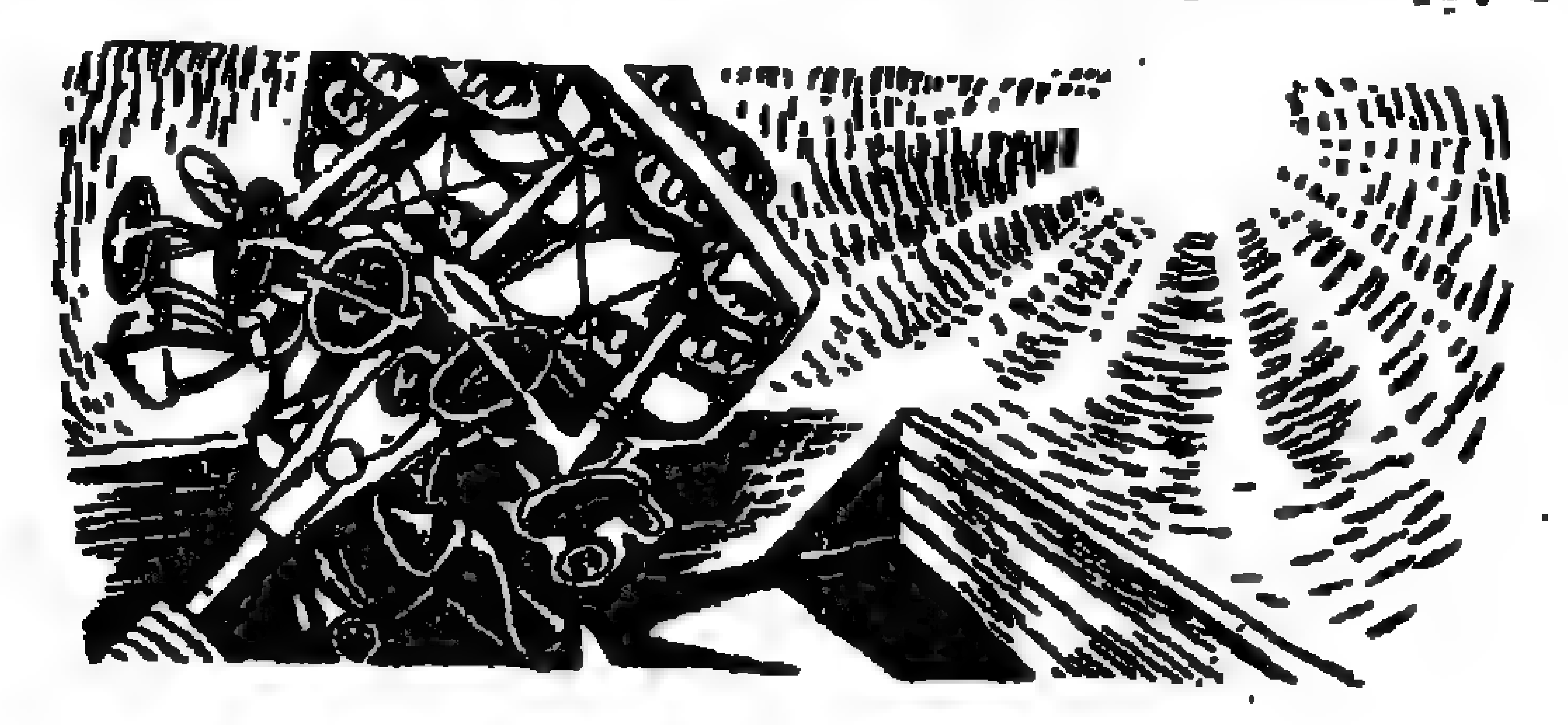
## أولا : بطريقة « الصندوق الزجاجي »

عندما تخترق أشعة الشمس ألواح الزجاج التى تغطى صندوقاً أو حوضاً مملوءاً بالماء أو بأحد السوائل الأخرى أو الغازات ترتفع درجة حرارة هذه المادة التى بالصندوق ، ولا سبيل إلى خروج الأشعة ثانية، إذ تمنعها الألواح الزجاجية . ويلاحظ أن الفرق يكاد يكون الضعف بين الحرارة داخل الصندوق ، وحرارة نفس الغاز أو السائل أو الماء إذا كان موضوعاً فى المكان نفسه وفى الظروف نفسها ، دون وجود الصندوق الزجاجى ، فهى تصل فى الصندوق إلى مائة وخمسين درجة مئوية ، على حين لا تزيد فى خارجه عن ٦٠ مئوية .

## ثانياً : التركيز بالمرايا

تروح الحرارة التى يمكن تركيزها بالمرايا بين ثلثمائة درجة وثلاثة آلاف درجة مئوية . فالمرايا المسطحة — وهى أبسطها — تزداد قدرتها العاكسة بزيادة عدد المرايا توضع على هيئة قطاع متكافئ . وقد أدخل العلماء على طرق التركيز هذه كثيراً من التحسينات ، لتلافى ضياع جزء كبير من الأشعة المنعكسة ، ولتتابع حركة الشمس أثناء ساعات النهار بين الشروق والغروب وفى فصول السنة المختلفة فالأفران الشمسية مثلا التى يمكن

بواسطتها الحصول على درجات مرتفعة من الحرارة للأغراض الصناعية والتجارب العلمية ، قد أعدت بطريقة تجعل محور القطاع المتكافئ متجهاً دائماً نحو الشمس . وهناك مرايا لا تزيد درجة الحرارة التي تركزها على بضع مئات ، ولكنها قليلة التكاليف ، وتكفى لأغراض التدفئة وتسخين الماء والطهى وتكييف الهواء والتبريد والتجفيف وغير ذلك من الاحتياجات المنزلية . والمرايا



فرن شمس

الخاصة بهذه الأغراض أسطوانية وذات قطاع متكافئ ، وتصنع عادة من سبائك الألومنيوم ، فتتركز الحرارة على محور يكون بمثابة البؤرة التي يوضع فيها الإناء أو المادة المراد تسخينها بدلا من البؤرة المركزية فى جهاز القطاع المتكافئ . ويفضل استعمال المرايا ذات القطاع الأسطوانى المتكافئ ، إذ يمكن بجعل محورها البؤرى موازياً لمحور الأرض، ويمكن توجيه السطح العاكس للمرآة بحيث يتبع حركة الشمس منذ الصباح الباكر حتى الغروب .

# حرارة الشمس فى خدمة الأسرة

تعتبر الاستعمالات المنزلية أولى التطبيقات العملية التى يمكن استخدامها وانتشارها بتركيبات بسيطة ونفقات زهيدة ، مثل التدفئة وتسخين الماء وتكييف الهواء والتبريد فى ثلاجات شمسية والتقطير ، وتكون فى الغالب بطريقة الصندوق الزجاجى ، فى حين يستعمل تركيز المرايا فى طهى الطعام وتجفيف الفاكهة والخضر والحصول على القوى المحركة ودرجات الحرارة العالية للصناعة . كما أن عملية اختزان الحرارة فى المنزل أصبحت فى حيز الإمكان بطرق كيمياثية وفيزيائية بسيطة للإفادة منها فى أثناء الليل أو بعد أيام وأسابيع من اختزانها .

## التدفئة

تصل درجة الحرارة فى الليل وفى الساعات الأولى من النهار ، خلال فصل الشتاء ، فى جزء من بلادنا ، إلى حد يحتاج إلى التدفئة . وباستخدام هذه الحرارة الطبيعية التى أنعم الله بها على الإنسانية خلال النهار ، يستغنى عن استهلاك كميات من الوقود أو الكهربا يمكن الإفادة منها فى نواح أخرى من الاقتصاد الوطنى .

وجهاز التدفئة هو صندوق أو حوض غطاؤه من الزجاج

أو البلاستيك الشفاف . أما حجمه فيتوقف على المساحة المراد تدفئتها.

تمر بالصندوق أنابيب قد طليت من الخارج بلون أسود معتم حتى تمتص أكبر كمية من حرارة الشمس . وتمتد هذه الأنابيب المعدنية ناقلة الهواء أو الماء الساخن إلى غرف المنزل ، ويتحكم فى مرورها جهاز يستطيع تحويلها إلى حوض الاختزان. ولا يزيد ارتفاع الحرارة بهذه الوسائل عن عشرين درجة يمكن توفير جزء منها على الأقل باستخدام الماء الساخن فى أغراض منزلية ، وذلك بتعميم المنازل الحديثة بحيث تدخلها أشعة الشمس أكبر وقت من النهار من نوافذ واسعة صحية ذات ألواح زجاجية شفافة تمر منها أشعة الشمس إلى الداخل ولا تتمكن من الخروج ثانية . وقد أنشئت فعلاً فى الولايات المتحدة عدة منازل أطلق عليها اسم « المنازل الشمسية » صممت بطريقة تستغنى عن أجهزة التدفئة بالحرارة الشمسية أو الاختزان .

## تسخين الماء

استخدمت حرارة الشمس منذ أعوام فى تسخين الماء فى المدينة الجامعية الأزهرية ، كما تجرى التجارب لإمداد عدد كبير من المنازل فى البلاد الصغيرة والقرى المنعزلة بكفايتها من الماء الساخن بحرارة الشمس .

ويتكون الجهاز عادة من صندوق أو حوض موضوع وضعاً

مائلاً ليوازى محور الأرض ، وتطلى جوانبه بمادة عازلة حتى لا يفقد الحرارة المكتسبة ، كما يصنع غالباً من الأسمنت أو أنواع من الخشب التى تقاوم التأثيرات الجوية ، ويغطى الحوض بعدد من الألواح الزجاجية الشفافة أو ألواح البلاستيك ، قد تكون ثلاثة أو أربعة ، تترك بين كل منها والآخر مسافة عدة سنتيمترات لاصطياد أكبر قدر من أشعة الشمس داخل الصندوق . وفى قاع الصندوق أنابيب الماء المنثنية على شكل حلزونى . والأنابيب وقاع الصندوق مغطاة بمادة سوداء لزيادة امتصاص الحرارة .

## تكييف الهواء والتبريد

تزداد حرارة الشمس وتشتد وطأتها فى فصل الصيف؛ إنها ترسل إلينا أكبر قدر من الحرارة فى الوقت الذى نبحث فيه عن وسيلة لتلطيف الجو ، وعن جرعة من الماء المثلج المنعش . وهنا معجزة المعجزات ؛ فهذه الحرارة الخانقة التى تبعث الخمول والكسل والضيق ، وتحلل الأطعمة وتفسدها بسرعة ، تتحول إلى هواء منعش جميل باعث على النشاط والقدرة على العمل المنتج ، وإلى ماء مثلج من ثلاجات تديرها الطاقة الشمسية ؛ وتحفظ الأطعمة أياماً وأسابيع . فلننظر إلى قدرة الخالق الذى جعل لنا من العلم منقذاً وباعثاً لحياة جديدة ممكنة وسط الصحراء التى ستصبح جنات تملؤها الحياة والعمران

## تكييف الهواء

الطريقة الأولى : تمتص الرطوبة بواسطة محلول برومور الليثيوم أو بمحلول ثالث إثيل الجليكول ، ويرسل المحلول لتركيزه ثانية فى جهاز تسخين يستمد حرارته من الشمس ، ثم يعاد المحلول المركز إلى الغرف ثانية لامتصاص الرطوبة وهكذا . . .

والطريقة الثانية : بواسطة جهاز ميكانيكى لتخفيف ضغط الهواء ، وهو عبارة عن مكبس تديره توربينات : إحداهما لزيادة ضغط الهواء والأخرى للتفريغ أو تخفيف الضغط . فيسخن جزء من تيار الهواء بحرارة الشمس ، ثم يرسل إلى جهاز لزيادة الضغط الواقع عليه ، وذلك حتى ترتفع درجة حرارته . أما الجزء الباقى من تيار الهواء فيبرد بتخفيف الضغط الواقع عليه ثم يعود ثانية إلى الغرف لتبريد جوها .

وللاقتصاد فى نفقات منشآت تكييف الهواء وتسخينه للتدفئة فى الشتاء ، أو لتسخين الماء ، يُصنع حوض لتجميع الأشعة والتسخين ، ليمكن استخدامه فى كلا الغرضين . والحقيقة ، التى تبدو فى أول الأمر شيئاً غريباً ومتناقضاً ، أن الحرارة — سواء أكانت مرتفعة أم منخفضة — هى شىء واحد ، فالسخونة والبرودة أمر نسبىّ فقط ، وكذلك التسخين والتبريد فى المنازل بواسطة المضخة الحرارية التى تستطيع أن تنقل الحرارة من مكان إلى آخر ، فترتفع درجة الذى انتقلت إليه ، وتنخفض درجة

حرارة الآخر إلى حد قد يبلغ التثليج ، وهى طريقة أخرى اقتصادية سوف نعود إليها بالتفصيل لأهميتها .

### الثلاجات الشمسية

هذه هى ثلاجات المستقبل الشعبية التى لن تكلف كثيراً فى صنعها أو تشغيلها ، فضلا عن أنها تمتاز بسهولة نقلها واستعمالها فى أى قرية مهما كانت بعيدة عن مراكز توليد الكهربا فى الواحات الموجودة حالياً وفى تلك التى سوف تخلقها إرادة الإنسان وعزمه على الحياة والتغلب على الطبيعة .

إن الثلاجات الكهربية الشائعة الاستعمال أساسها محرك كهربى ، عمله تسخين وضغط محلول سريع التبخر ، كالنشادر مثلاً ، ثم تخفيف الضغط الواقع عليه . ومن المعروف فى علم الفيزياء — تبعاً لنظرية « كارنو » المشهورة التى يمكن بعملية رياضية بسيطة إثبات صحتها — أن الطاقة اللازمة للتبريد أقل كثيراً من الطاقة اللازمة لرفع درجة الحرارة . وإذا كان لا يمكن الحصول على أكثر من عشرة فى المائة من كفاية الآلات لتوليد طاقة حرارية ، فمن الممكن الحصول على كفاية لا تقل عن خمسة وعشرين فى المائة بالتبريد .

وطريقة التبريد بالنشادر تتلخص فى استعمال محلول مركز من النشادر المذاب فى الماء . فبتسخين النشادر تحت ضغط عال قد يبلغ سبعة أو ثمانية أمثال الضغط العادى فى الثلاجة ،

بواسطة حرارة الشمس ، يتبخر غاز النشادر ، ثم لا يلبث أن تسحب منه الحرارة ويبرد ويتكثف فى جزء آخر من الجهاز . وهنا نرى صورة واضحة جلية للمضخة الحرارية التى تعمل بالحرارة الشمسية ، فتنقل الحرارة من جزء المكثف إلى حيث جهاز تبخير سائل النشادر وضغطه . ويمكن استخدام الثلاجة خلال ساعات الليل بإضافة جهاز للإيدروجين المضغوط ، وبذلك نستطيع الحصول على محلول النشادر وتبخيره ثم تكثيفه ، واستمرار الدائرة فى عملها ليلا ونهاراً .

وحتى تقوم الثلاجة الشمسية بعملها بطريقة اقتصادية يستعان بمرايا لتركيز حرارة الشمس والحصول على درجة حرارة تروح بين ١١٠ و ١٢٠ من أجل التسخين .

## اختزان الحرارة

تمكن العلماء من استنباط عدة طرق لاختزان حرارة الشمس ، وبذلك يختفى أكبر عائق لاستغلال الطاقة الشمسية . ومن أهم هذه الطرق اختزان الحرارة فى قطع صغيرة من الحجارة والحصى يمر الهواء الساخن من بينها فتنتقل إليها الحرارة ، لتحتفظ بها بضعة أيام . وهذه أرخص الطرق وأبسطها . ويمكن كذلك بنفقات قليلة اختزان الماء الساخن فى حوض من الإسمنت يعزل تماماً بطلائه بطبقة من إحدى المواد العازلة كالقطران .

وقد نجحت « ماريا تلكس » فى اختزان الحرارة أسابيع

كاملة فى مواد كيماوية توضع فى أحواض صغيرة . وهى تجمع بذلك بين فائدتى صغر حجم الخزان والاقتصاد فى النفقات .

استعملت ماريا فى تجاربها الرائعة كبريتات الصوديوم المتبلور ( ملح جلوبير ، الذى يحتوى على ١٢ جزىء من الماء . وينصهر فى درجة الحرارة المنخفضة ٣٥° ، وهو فى أثناء ذلك يمتص كميات كبيرة من الحرارة ، ثم يعيدها مرة أخرى عند تبلوره ثانية .

واستطاعت العالمة الأمريكية أن تختزن بهذه الطريقة ، فى أحد المنازل الشمسية الأمريكية ، الحرارة الكافية لتسخين ما يكفيه من الماء ولتدفئته بواسطة خزان يحتوى على عشرين طناً من ملح كبريتات الصوديوم المتبلورة . وتقول إن طريقتها لا تحتاج إلى أكثر من سدس المساحة التى يشغلها خزان للماء ، أو إلى عشر المساحة التى يشغلها خزان الحجارة والحصى . وأجرت تجاربها على عدد كبير من الأملاح ، فحصلت على نتائج طيبة أيضاً من أملاح كلودور الكلسيوم المتبلورة ، وفوسفات الصوديوم ، وكربونات الصوديوم ، وهما كذلك على هيئة متبلورة .

## المضخة الحرارية

فكرة رائعة وكشف عظيم .. هذه المضخة الحرارية . إنها آلة بسيطة فى مظهرها ، تجمع الحرارة التى اختزنتها

الشمس فى باطن الأرض ، وفى مياه البحر والآبار والهواء ، بدلا من تجميعها مباشرة بالصناديق والأحواض المغطاة بألواح الزجاج أو البلاستيك الشفافة وبالمرايا المركزة .

والحرارة المختزنة فى الهواء والماء وباطن الأرض صغيرة ، ولكننا بتجميعها ، وضغطها فى المضخة ، نصل إلى كميات من الحرارة تبلغ فى كثير من الأحيان خمسة أضعاف الكمية التى امتصتها . وبفضل التحسينات المطردة فى أجزاء المضخة المختلفة أمكن الحصول على سبعة أضعاف كمية الحرارة الممتصة .

ويمكن تشبيهها بينبوع للبترول ، فالآلات التى تستخرج البترول من أعماق الآبار تحتاج إلى وقود يدير تلك الآلات ، ولكن هذا الوقود المحرك للآلات يقل عشرات الأضعاف عن القوة المحركة التى فى البترول ومشتقاته الوقودية المختلفة .

أما أعظم ما تقدمه المضخة الحرارية لسكان المدن الصغيرة والقرى فهو فائدتها المزدوجة ؛ إذ تنقل الحرارة من باطن الأرض أو الماء أو الهواء ، أو الحرارة المختزنة فى حوض ماء ساخن بواسطة أشعة الشمس ، أو الحرارة المختزنة كيماويا فى بلورات كبريتات الصوديوم مثلا ، وتقوم بعملية عكس هذه تماماً ، فهى تستطيع تكييف هواء المنازل وتبريدها وسحب الحرارة من ثلاجة ؛ فتؤدى عمل « الفريجيدير » تماماً .

وهيكلها الخارجى يشبه فى أغلب الأوقات « الفريجيدير » ؛ إنه صندوق معدنى جميل نظيف لا يرى منه سوى أنابيب

طويلة تمتد إلى باطن الأرض ، على عمق ثلاثة أمتار ، وقد يصل طولها إلى مئات الأمتار .

تحتوى هذه الأنابيب على غاز « الفريون » (Freon) الذى يستعمل فى الثلاجات عادة ، ويصل إلى هذا العمق من الأرض لامتصاص الحرارة ، ثم يعود إلى جهاز للضغط ، فيرفع ضغط الغاز من ٢٥ رطلاً إلى ١٢٠ رطلاً مما يرفع درجة حرارة الغاز إلى ١٢٠° . ثم يمرر تيار من الهواء العادى على الأنابيب المملوءة بالفريون فتنتقل حرارة غاز الفريون إلى الهواء فيدفئ الغرفة أو يسخن الماء ، أو يجفف الفاكهة أو الخضراوات ، أو غير ذلك من الاستخدامات المنزلية الكثيرة .

وبانتقال الحرارة من غاز الفريون إلى الهواء يبرد ، ويتحول ثانية إلى سائل ، ويعود مرة أخرى إلى جهاز خاص لتحويله من جديد إلى غاز يتخذ طريقه إلى باطن الأرض لامتصاص الحرارة ، وهكذا دواليك . . .

وما أشد الحاجة إلى مثل هذه المضخة الحرارية فى الصيف! إن الجهاز حينئذ يمكن أن يعمل بطريقة عكسية ، هى تخفيف الضغط ، وسحب الحرارة والتبريد حتى التثليج، أى أن غاز الفريون يمتص الحرارة المرتفعة من أرجاء المنزل وينقلها إلى وسط أقل حرارة بالنسبة له ، وهو الأرض ، أو الهواء أو الماء الجوفى أو ماء البحر أو الماء فى حوض ما .

ولم تقف أحلام العلماء عند حد اختراعهم هذه المضخة ،

بل هم دائبون على التحسينات الفنية والاقتصادية . ولقد توصل « بجيت هيت » إلى مضخة تحركها الطاقة الشمسية بواسطة مجمعات مستطيلة معرضة للشمس يمر فيها الماء لتسخينه وتحويله إلى بخار .

وفكر بعض العلماء فى الاستفادة من الطاقة المختزنة فى الماء ، وفى البلورات الكيماوية ، كمخازن تمدّ المضخة بحاجتها فى الليل وفى الأيام الغائمة والباردة .

ومن الطريف أن نذكر فى هذا المقام ما حدث لمدينة سويسرية أرادت إنشاء مضخة حراوية ضخمة تمدها بالحرارة اللازمة لتدفئتها فى الشتاء من مياه نهر يمر بجوارها ، ففوجئت بتجمد مياهه ، لضخامة كمية الحرارة التى امتصتها المضخة ، وسدّ مجرى الماء عما وراءه من مدن وقرى .

إن استعمال المضخات سوف يزداد بسرعة كبيرة ليعمّ جميع الأقطار ، ولكنه فى حاجة إلى دراسة وعناية كبيرة قبل انتشاره ، فقد تحدث فى الأقطار التى لا تظفر بحرارة مرتفعة أو مختزنة مفاجآت مشابهة لما حدث فى تلك المدينة السويسرية.

ومن المعتقد أن بلاداً تشرق عليها شمس مثل شمس الصحارى ومعظم أقطار الوطن العربى لن تخشى مثل هذه المفاجآت قبل مئات الأعوام ، فواجب ألا نستهين بطاقة الشمس ، لأنها ثروة طائلة وأساس متين للتعمير .

# المياه المالحة تصير عذبة

بدأت عملية الزحف نحو الصحراء وغزوها ، لزراعتها و بعث الحياة فيها وتحويل أراضيها الرملية المالحة إلى تربة خصبة : ولكن ذلك لا يتأتى بغير الماء العذب ، فكيف الوصول إليه ؟

هناك المياه الجوفية يمكن الحصول عليها بحفر الآبار الإرتوازية العميقة ، وهناك مياه النيل تصل إلى الصحراء بواسطة أنابيب ضخمة من الصلب قد يصل مجموع أطوالها إلى عشرات الآلاف من الكيلومترات ، غير أن أراضى وادى النيل فى أشد الحاجة إلى كل قطرة من قطرات هذا النهر المبارك ، فوق أن نفقات صنع أنابيب المياه وامتدادها مسافات طويلة والعناية بها يجعل استعمالها غير اقتصادى .

ولا يذهب بنا التفاؤل بعيداً فى مضمار الحصول على المياه العذبة وسط الصحراء الجرداء ، فليس من السهل أن ننقى مياه البحر أو نصل إلى المياه الجوفية التى تكون فى بعض الأحيان — لحسن الحظ — عذبة صالحة للشرب والزراعة . وقلما يمكن الوصول إليها فى غير المناطق المنخفضة أو القريبة من الشواطئ ؛ ثم إنها قد تكون فى بعض فصول السنة متوسطة أو شديدة الملوحة . وكم يلاقى المهندسون والعلماء من العقبات فى إعداد الأجهزة اللازمة ، فهى معقدة باهظة التكاليف !

والبحوث موصولة ، والتجارب جارية فى معاهد البحوث وغيرها من المعاهد العلمية فى الجامعات لتقطير الماء المالح .

وكان من الطبيعي ان تتجه البحوث إلى النواحي الاقتصادية فأقيمت محطات لإجراء التجارب على أنواع التنقية المختلفة ، فمنها ما يفيد من طاقة الشمس ، ومنها ما يفيد من التبخير المسمى التبخير المتعدد الأثر ، ومنها ما يكون بالتبخير تحت ضغط مرتفع ، أو تحت ضغط مخفف ، أو التبخير المفاجئ ، والتحليل الكهربى ، وتبادل الأيونات ، والضغط الانتشارى ، والتجميد ، والترسيب ، والمعالجة الكيميائية ، وعشرات غيرها من مختلف الوسائل . وقد نجحت أغلبها ، وإن كنا فى حاجة إلى طرق أكثر اقتصاداً وأوفر إنتاجاً .

إن حاجة الوطن إلى المياه العذبة شديدة ملحة ، لسد النقص الذى نشعر به ، ولمواجهة الزيادة المطردة فى عدد السكان التى تدفعنا إلى تعمير الصحراء . فهذا الشريط الأخضر الخصيب الذى يرويه ماء النيل لا يتجاوز جزءاً واحداً من عشرين جزءاً من مساحة الجمهورية ، وعلى جانبيه تمتد الأراضى المجدبة تنتظر الكفاح المرير للعثور على مياه الري والشرب وسد حاجة المناجم والمصانع المتناثرة فى أنحاء متفرقة من الصحراء وعلى سواحل البحار .

وهذه أيضاً هى صورة أهل الواحات التى تهددها الرمال ، لولا تلك الينابيع القليلة وأشجار النخيل . وهذه كلها إلى

تناقص وانقراض ، إذا تركت دون عناية ؛ فالواحات والأراضى التى هى فى سبيل التعمير محتاجة إلى مياه كثيرة من جوف الأرض ومن مياه البحر ، لزراعة مزيد من أشجار النخيل والزيتون والغابات الكثيفة حتى تصد عنها الرياح السافيات .

لابد إذاً من المياه العذبة مهما كلفنا ذلك كما يرى العالم « إيفريت هاو » إذ يقول : « إن تكاليف الحصول على المياه العذبة لن تكون باهظة إذا نظرنا لأهميتها للحياة الإنسانية والتعمير من أجل المستقبل » .

ومشاريع المستقبل الضخمة الجبارة لا سبيل إلى تحقيقها دون رأس المال وعزيمة الشباب المغامر الجرىء . وسوف تتحقق الأمانى بفضل التخطيط العلمى للمستقبل الذى يشترك فيه الرؤساء والعلماء ورجال الاقتصاد والاجتماع .

**التقطير الشمسى**

تلقى طريقة التقطير بأشعة الشمس اهتماماً كبيراً ، لأنها أرخص الطرق ، بل هى لا تكلف شيئاً من الوقود ، فالشمس فى بلادنا ـ والحمد لله ـ مشرقة ، وحرارتها شديدة معظم أشهر السنة ، والسماء صافية ، ما عدا أياماً معدودات تختفى فيها الشمس وراء السحب والغيوم . إن الساعات التى تظهر فيها الشمس وترسل فيها إلى الأرض أشعتها على وطننا الحبيب تبلغ إحدى عشرة ساعة فى اليوم تقريباً .

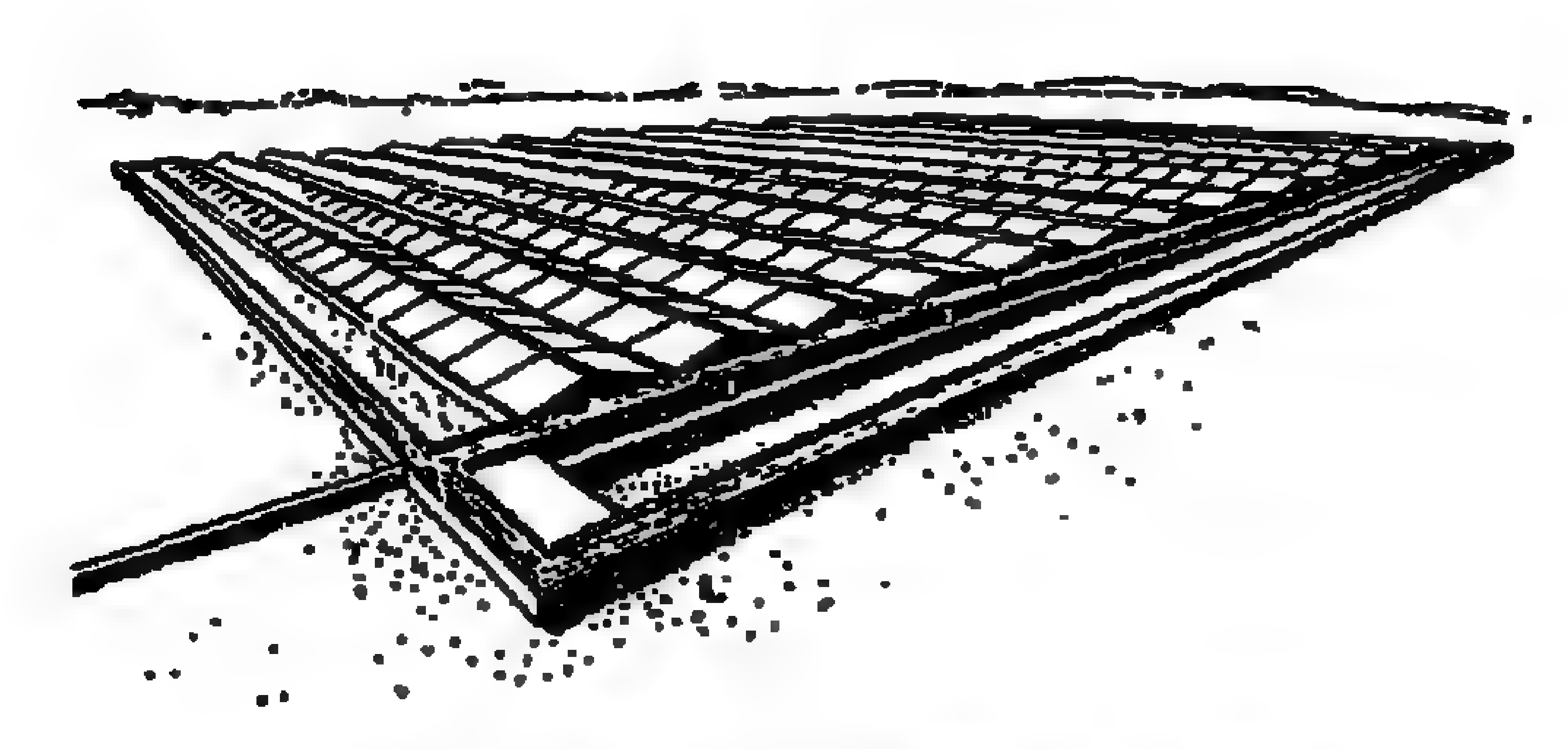
ولقد اتجه الإنسان منذ أقدم العصور إلى الاستعانة بالتبخير

الشمسى للحصول على ملح الطعام ، كما استعمل العدسات والمرايا المركزة لتقطير مياه البحر المالحة فى الأماكن المنعزلة على سواحل البحار ؛ كما استعين بها إلى جانب طرق الغلى فى الآنية بأنواع الوقود الأخرى ، للحصول على ماء مقطر للطهى والشرب بدلا من اختزان الماء فى أوعية كبيرة تشغل مساحات من السفن .

وكان « هاردنج » أول من أقام جهازاً للتقطير بالطاقة الشمسية فى عام ١٨٧٢ للحصول على كمية من الماء العذب تكفى حاجة المئات من العمال الذين كانوا يستخرجون النترات فى « ساليناس » بشيلى . فكان يحصل على ثلاثة وعشرين طناً من الماء العذب فى اليوم من جهازه الذى يشغل نحواً من أربعة آلاف وثمانمائة متر مربع . وظلت أجهزته تعمل حتى عام ١٩٠٨ ، مما يدل على مهارته البالغة ومتانة المواد وألواح الزجاج التى صنعه منها .

والجهاز الذى يمثل أبسط أنواع التقطير الشمسى هو أحواض صيغت من الخشب الأحمر المغلف من الخارج بالإسمنت ، وموضوعة على الأرض . وتغطى هذه الأحواض ألواح من الزجاج مثبتة جيداً ، وتميل بانحدار نحو خزان لحفظ المياه العذبة . وفى الجوانب الداخلية لإطار تثبيت الألواح قنوات تسير فيها المياه بعد تكثيفها .

وقد طلى قاع الحوض من الداخل باللون الأسود لامتصاص أكبر كمية من الحرارة لتسخين الماء الذى به . وللزجاج هنا فائدة مزدوجة ، فأشعة الشمس تخترق الزجاج نحو الداخل



تقطير المياه بالطاقة الشمسية فى الأحواض الزجاجية

ولا سبيل لها إلى الخروج ثانية وبذلك ترتفع درجة الحرارة فى الحوض الذى تغطى قاعه طبقة من الماء تروح بين الأربعة سنتيمترات فى جهاز « هاردنج » موضوع الحديث، وعشرة سنتيمترات أو أكثر فى الأجهزة الحديثة . أما الوجه الخارجى للزجاج الملامس للهواء فدرجة حرارته أقل منها فى داخل الحوض ، وبذلك يقوم بدور المكثف للماء الذى يتبخر عند ارتفاع درجة حرارته ، فيصطدم بالوجه الداخلى للزجاج ويتكثف متخذاً القنوات التى على جانبى الغطاء الزجاجى مساراً له حتى أحواض الاختزان .

وجاء من بعد « هاردنج » العالم الأمريكى « آبوت » والعالم الفرنسى « باستوز » بتصميم أجهزة تقوم على تركيز حرارة الشمس بالمرايا والعدسات ، ولكنها كانت باهظة النفقات لما تحتاج إليه من أجهزة معقدة تجعل المرايا والعدسات تتبع الشمس فى دورانها خلال ساعات النهار المختلفة ، حتى تظل أوانى غلى الماء دائماً فى البؤرة حيث تتركز أشعة الشمس المنعكسة .

وتعتبر العالمة الأمريكية « ماريا تلكس» (Maria Telkes) من أكبر الباحثين فى ميدان الطاقة الشمسية وتصميم الآلات لاستغلالها ؛ وكما شاركت فى تسخين الماء واختزان الحرارة والطهى والتقطير ، أسهمت بأكبر نصيب ، وكذلك العالم « آبوت » ، فى بحوث القوى المحركة والكهربا من الشمس .

وكان من أوائل الأجهزة التى قامت هذه العالمة بإعدادها جهاز شبيه بمقطر « هاردنج » ، بعد أن أدخلت عليه كثيراً من التحسينات ، حتى وصل إلى درجة من الإتقان جعلته من أحسن وأرخص الأجهزة التى صممت حتى الآن . ويتكون من عشرة مقطرات متوالية موضوعة بعضها فوق بعض : الأول منها يمتص الحرارة من الشمس فيقطر جزءاً من الماء يتكاثف ، ويمد الطبقة التى تحته بالحرارة ، وهذه بدورها تبخر جزءاً آخر من الماء ، فتنتقل حرارته إلى الجهاز الثالث ، وهكذا حتى الجهاز العاشر . وتمتاز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج — بعد فترة وجيزة — إلا لكمية ضئيلة من حرارة الشمس تكفى لتشغيل الجهاز الذى يستمر فى العمل ليلاً دون أية طاقة حرارية .

وصممت «ماريا تلكس» جهازاً آخر يعكس الأشعة الشمسية من مرايا مصنوعة من الألومنيوم اللامع تحيط بالحوض من جهاته الأربع بطريقة تتيح جمع الإشعاعات خلال ساعات النهار كلها .

وكان أهم اختراعات « ماريا » ذلك الجهاز البسيط الرائع الذى أنقذ حياة المئات من الطيارين خلال الحرب العالمية

الثانية . ويتكون من وسادة إسفنجية سوداء اللون تتشبع بمياه البحر ، ويحيط بها – على مسافة صغيرة منها – غلاف شفاف، من البلاستيك يمتص الجزء الأعلى منه أشعة الشمس لتسخين الماء ، فيتبخر على الجوانب الداخلية للغلاف ، ثم يسيل إلى أسفل الجهاز ، حيث يمكن التحكم فى خزان الماء بواسطة صنبور صغير . أما الملح المتركز فى الوسادة فيمكن التخلص منه أولاً بأول بسهولة .

وانتشر استعمال هذا الجهاز عقب الحرب العالمية ، وأصبح جزءاً من متاع القاطنين فى الأماكن البعيدة عن الأنهار العذبة أو على سواحل البحار .

ومن بين الأجهزة الجديرة بالذكر ذلك الذى أعده العالم المهندس « لوف » ، ويتميز بوضعه فوق الأرض مباشرة ، فتقوم الأرض مقام خزان لحرارة الشمس ، فإذا غربت الشمس امتص الجهاز طاقته الحرارية من الأرض ليستمر فى عملية التبخير أثناء الليل .

وللعالم الأمريكى « إيفريت هاو » الأستاذ بجامعة كاليفورنيا ، والذى ألقى بضع محاضرات عن تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة بالطرق المختلفة – عدة أجهزة تجريبية أساسها التقطير الشمسى .

ومن العيوب التى تحاول الأبحاث تلافيها حتى تصل إلى كفاية مرتفعة لعملية التقطير ، سرعة تلف الزجاج الذى يغطى الأحواض ، وأن منه ما لا يمتص من أشعة الشمس إلا جزءاً ويعكس الباقى .

وقد كشفت أخيراً لدائن ثبت أنها تفضل الزجاج ، وأنها أقل منه ثمناً وأكثر منه مقاومة للتغيرات الجوية . وتغطى هذه اللدائن أحياناً بطبقة من مادة كيميائية تعمل على زيادة امتصاص الأشعة . وقد أصبح فى الإمكان إنشاء محطات تقطير شمسية كاملة من اللدائن والألواح الشفافة التى تمتص الأشعة يطلق عليها اسم «التيفلون »؛ أما الأحواض فقد صنعت من المطاط الصناعى ، وصنعت الطبقة السوداء التى تغطى قاع الحوض من الألياف الصناعية ( الأورلون ) ، لتزيد من عملية امتصاص الأشعة وسرعة التبخير .

إن أنواعاً كثيرة من اللدائن قد أصبحت تلعب دوراً هاماً فى بناء الأجهزة الحديثة والعمل على انتشار استعمالها . وفى القريب العاجل نستطيع صنع أجهزة التقطير من لدائن وألياف ومطاط صناعى بفضل إنشاء مصانع البتروكيميائيات ، كما تمد صناعات المستقبل الوفيرة بألوف المواد والأدوات ، فتنقلنا إلى عالم سحرى رائع . . .

وعملية امتصاص الأشعة بواسطة قاع الأحواض المغطى باللون القاتم قد تؤثر عليها الأملاح المترسبة ، ولذلك تزال عنها الأملاح أولا بأول ، ويعاد طلاؤها فى فترات متقاربة ، كما تضاف إلى الماء صبغات كيماوية — مثل أخضر النافتول — ترفع امتصاص أشعة الشمس إلى مائة فى المائة تقريباً .

وبينما يقترح العالم « لوف » وضع الجهاز على الأرض

للاستفادة من الحرارة خلال الليل ، إذا بعلماء آخرين ينادون بوجوب عزل أحواض التسخين عن الأرض والهواء بطلائها بمواد عازلة .

## مستقبل التقطير الشمسى

من المتوقع الاستفادة من أجهزة التقطير الشمسى المتعددة الأثر ، فنى الإمكان الحصول على سبعة أضعاف ما ينتجه الجهاز البسيط الواحد ، وذلك للأغراض الصناعية أو لإمداد



جهاز تقطير المياه المالحة المتعدد الأثر

مدينة كبيرة يزيد عدد سكانها على مائة ألف نسمة . أما فى الأعوام القليلة القادمة فإن جهاز التقطير البسيط المقام على مساحة قدرها خمسمائة متر مربع يكفى مدينة صغيرة يبلغ عدد سكانها ثلاثة آلاف نسمة تمدهم بنحو خمسة آلاف جالون فى اليوم .

وأجهزة التقطير البسيط رخيصة الثمن نسبيًّا يمكن إقامتها بسهولة فى الأراضى الجديدة المراد تعميرها ، فلا تكون عبئاً ثقيلا فى الأعوام الأولى من التعمير .

وقد أقيمت بالقرب من السويس فى العام الماضى المحطة الأولى للتقطير الشمسى ، وسوف تتلوها محطات أخرى كثيرة بإذن الله .

ومن التحسينات التى تدرس لإدخالها على عملية التقطير الشمسى : الاستعانة بالضغط المخفف أو تفريغ الهواء ، مما يساعد على سرعة تبخير الماء فى درجات حرارة منخفضة ، كما أن رفع الضغط إلى عدة ضغوط جوية يزيد درجة الحرارة ويضاعف تبخير الماء .

## التقطير المتعدد الأثر

توجد طرق أخرى حديثة لتحويل المياه المالحة إلى عذبة جديرة بالعناية والاهتمام ، فقد استطاع العلماء تصميم أجهزة ضخمة تقوم اليوم بتقطير مئات الملايين من الجالونات من

الماء العذب فى الكويت ، وفى عدة مدن أمريكية وأسترالية ، وفى أقطار أخرى كثيرة . ومن بين هذه الطرق — إلى جانب التقطير الشمسى — التقطير المتعدد الأثر ، والتبخير المفاجئ ، والتبخير تحت ضغوط أعلى من الضغط الجوى ، والتحليل الكهربى ، والتبادل الأيونى ، والضغط الانتشارى ، والتبزيد ، ووسائل أخرى كيميائية وفيزيائية وميكانيكية .

أما التقطير المتعدد الأثر فالغرض منه الحصول على أكبر كمية من البخار بأقل ما يمكن من الحرارة ، مما يقلل نفقات الإنتاج والطاقة التى يحتاج إليها ، وهذه الطريقة هى المتبعة فى جميع البواخر تقريباً .

ويتكون الجهاز من عدد من الأوعية قد يصل إلى عشرين أو أكثر . وكل وعاء يشتمل على عدد من الأنابيب الرفيعة الطويلة تروح بين مائة وأربعمائة أنبوبة . فعند تسخين الوعاء الأول يتبخر جزء من الماء الذى فى الأنابيب ، ثم يتكثف على سطح أنابيب الوعاء الذى يليه ، وبذلك تنتقل إليه الحرارة التى يفقدها البخار عند تكثفه ، ويتبخر جزء من الماء فى أنابيب الوعاء الثانى ويتجه إلى أنابيب الوعاء الثالث ليتكثف عليها بدوره ، وهكذا . . . وفى هذه العملية تضعف الحرارة تدريجاً من وعاء لآخر ، ولذلك يخفف الضغط فى كل وعاء إلى درجة أكبر من الوعاء الذى قبله لتستمر عملية التبخير فى جميع الأوعية . وبعد وقت قصير يمكن تشغيل الجهاز دون

الحاجة إلى كمية كبيرة من الوقود . ومن الممكن الإفادة من حرارة الشمس لتسخين الوعاء الأول بدلا من أنواع الوقود الأخرى .

ومن عيوب التقطير العادى والمتعدد الأثر ترسيب الأملاح على جدران الأوعية والأنابيب مما يؤدى إلى انسدادها وتوقف عملية التبخير . ومن ناحية أخرى فإن فك أجزاء الجهاز لتنظيفها حيناً بعد حين ليس من الأمور الهينة ، بل إنها مستحيلة فى أغلب الأوقات .

كان هذا الموضوع من أهم ما شغل أفكار العلماء الباحثين فى التقطير ، فأشار بعضهم بإضافة كميات صغيرة جداً من مواد عضوية تمنع ترسيب الأملاح أو تبلورها ، كما أضاف آخرون بلورات نفس المادة ، وبذلك لا ترسب الأملاح على جوانب الأنابيب والأوعية ، بل تتجمع حول البلورات الصغيرة . كما اقترح بعضهم الآخر تمرير الماء المالح قبل تبخيره فى طبقة من الرمل .

## التبخير الفجائى « فلاش » (Flash)

يسخن الماء المالح فى وعاء كبير ، ثم يمرر فى غرفة خفف فيها الضغط ، فيتبخر فجأة دون الحاجة إلى التسخين إلى درجة حرارة عالية ، وهذا يمنع ترسيب الأملاح . ومن ميزات هذه الطريقة إمكان الاعتماد على التسخين بالحرارة الشمسية إذا

لم تتوافر أنواع الوقود الأخرى.

وتجرى الأبحاث فى الوقت الحاضر للاستفادة من مياه سطح البحر الساخنة ، وهى لن تحتاج من الحرارة إلا لمقدار إضافى ضئيل جداً حتى تتم عملية التبخير المفاجئ فى جهاز « الفلاش » ، فيستعمل البخار فى إدارة آلات المصانع قبل تكثيفه ليتحول ماء عذباً للشرب والزراعة وحاجات المصانع .

## التقطير تحت ضغوط عالية

يتبخر الماء فى المقطرات تحت الضغط الجوى العادى ، فإذا رفع الضغط عدة أرطال ارتفعت درجة الحرارة ، وازدادت كمية الماء المتبخر . فبفضل رفع الضغط إلى عدة ضغوط جوية — وهذا لا يحتاج إلا لقوة ميكانيكية تافهة — تصبح الطاقة اللازمة لتسخين الماء فى المقطر لا تزيد على ٢٠٠ كيلووات ساعة بدلا من ٢٨٠٠ كيلووات ساعة ، وهذا الاقتصاد الكبير فى ثمن الوقود يدعونا إلى التفكير فى استعمال الطاقة الشمسية هنا أيضاً .

## مقطر « هيكمان »

أضاف « هيكمان » عضو اللجنة الأمريكية إلى بحوث المياه العذبة ، بالمقطرات تحت الضغوط العالية ، خزاناً رحوياً يدور فتتناثر المياه الساخنة بالقوة المركزية الطاردة ، وتتبخر

بسرعة دون حاجة إلى حرارة مرتفعة ، مما يمنع الأملاح من الرسوب فى وعاء التبخير، ويشجع على محاولة التسخين بالحرارة الشمسية .

ويتكون الخزان الرحوى من وعاءين مخروطى الشكل ، وضعت قاعدتاهما بعضهما فوق بعض ، وتتناثر منهما المياه الساخنة فى خيط رفيع خلال دورانهما ، ويتبخر الماء ، ثم يُضْغط البخار لاستخدامه فى تسخين الخزان الرحوى. والبخار إذ ينقل حرارته إلى الخزان يأخذ فى التكاثف ويجرى فى أنابيب تنقله إلى خزانات المياه العذبة . كما تأخذ المياه المركزة بالأملاح طريقها إلى الترسيب والتنقية أو إلى البحر ثانية . ومن الأصلح طبعاً أن لا تهمل مثل هذه الثروة ويرمى بها ، والأفضل أن تستخلص هذه الأملاح ذات الفوائد الاقتصادية الضخمة للبلاد .

ويمكن تشغيل مقطر « هيكمان » بفروق صغيرة فى درجة الحرارة ، مثل حرارة مياه سطح البحار الدافئة ، ثم تسخينها بضع درجات أخرى بالطاقة الشمسية مثلاً .

## التحليل الكهربى :

عُرفت طريقة تحويل المياه المالحة إلى عذبة بالتحليل الكهربى منذ أعوام طويلة ، ولكنها كانت عملية مقصورة على تحليل الأملاح إلى أيوناتها الموجبة والسالبة عند مرور تيار كهربى فى إناء الماء المالح . والإناء مقسم إلى ثلاثة أجزاء بواسطة

أغشية من السيلوفان ، فيتحلل الملح ( كلودور الصوديوم) إلى « الكلور » الأيون السالب ، فيذهب إلى القطب الموجب ، والصوديوم وهو الأيون الموجب يتجه نحو القطب السالب ، مخترقين أغشية السيلوفان ؛ ولكنها طريقة غير عملية ودرجة نقاوة الماء ضعيفة إلى حد أنها نحتاج إلى تكرار العملية عدة مرات .

ثم كشف العلماء من أمثال « هومس » و « آدمز » عن صموغ ( راتنجات ) صناعية تفيد فى تنقية المياه المذابة فيها الأملاح ، فتعلق الأيونات المختلفة فى أنواع خاصة من الراتنجات صنعت منها الأغشية الرقيقة التى قد يصل عددها إلى أربعمائة أو خمسمائة غشاء فى الحوض الواحد ، ولا تزيد المسافة بين كل غشاءين على نصف المليمتر . وهذه الأغشية لا ينفذ منها نوع واحد من الأيونات الكهربية الموجبة أو السالبة فقط ، بل إن لكل نوع من الراتنج مادة خاصة يتعلق بها ، منها الكلسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكلوروالبروم وغيرها ... ويمكن استخلاص الراتنجات مرات كثيرة بمعالجتها بالأحماض والقلويات .

ومنذ خمسة عشر عاماً كان هذا الجهاز يحتاج إلى أكثر من ١٨ كيلووات ساعة للطن من الطاقة ، فأصبح بفضل الأغشية الحديثة ذات الراتنجات لا يستهلك أكثر من ثلث كيلووات ساعة للطن ، وأمكن عمل أجهزة كبيرة تكفى لتنقية أكثر من

ثلاثين ألف جالون فى اليوم من مياه البحر أو المياه الجوفية أو المصارف .

وقد وصل إلى مصر منذ بضعة أشهر جهاز لتقطير مياه البحر بطريقة « فيخلين » العالم الهولندى الذى حضر لتدريب الذين يقومون بتشغيل الجهاز وإجراء التجارب والبحوث على التوسع فى طريقة التنقية بالتحليل الكهربى للمياه الجوفية وعلى سواحل البحار .

وتجرى حالياً دراسة لاقتصاديات هذه الطريقة ؛ إذ أن التحليل الكهربى بواسطة الراتنجات حديث العهد جداً . وقد توصل علماء جنوب أفريقيا إلى طريقة استعمال ورق الكرافت المغطى بأنواع الراتنجات والمواد العضوية الأخرى، وتمتاز ببقائها صالحة للاستعمال فترة تصل إلى عام كامل ؛ ولكن حكومة جنوب أفريقيا احتفظت بسريتها ولم تسمح بإذاعة شيء عنها .

ويرى « جورج مورفى » من جامعة « أوكلاهوما » ، بعد دراسات وتجارب استمرت أعواماً ، أن من الممكن الحصول على الكهربا اللازمة لعملية التحليل الكهربى ، من محلول ملحى شديد التركيز ، وذلك بأن يوضع هذا المحلول فى قسم من إناء مقسم إلى أربعة أقسام بواسطة أغشية للتبادل الأيونى . غشاءان من هذه الأغشية ذوا علامة كهربية سالبة ، والغشاءان الآخران ذوا كهربا موجبة . وفى قسمين آخرين ماء ملحى مخفف التركيز ، وفى القسم الرابع الماء المراد تنقيته .

وهذا التفاوت فى التركيز يجعل الأيونات الموجبة للمحلول الشديد التركيز تتجه نحو أحد القسمين اللذين بهما المحاليل المخففة . وباستمرار هذه العملية تتولد شحنات كهربية فى الجهاز ، وبذلك لا يحتاج إلى طاقة كهربية خارجية .

والطريقة المسماة « خلية شمع العسل » شبيهة بها ، ولكنها تمتاز عنها بطريقة ترتيبها واختصارها الطريق الذى تمر به الأيونات إلى أقل حد ممكن ، وبذلك تزداد كفايتها فى التقطير ؛ ولكن هذه الطريقة لم تتعد حتى الآن دور التجارب المعملية .

ويأمل بعض العلماء أن يتمكنوا قريباً من استخدام الطاقة الشمسية للتحليل الكهربى ، بتحويلها إلى طاقة كهربية فى بطاريات السليكون التى سيأتى حديثها فى جزء آخر من هذا الكتاب ؛ وذلك بعد العثور على طرق اقتصادية تجعل صنع تلك البطاريات ميسراً بأرخص الأثمان .

## الضغط الانتشارى

إن جعبة العلماء مليئة دائماً بتلك الأفكار الرائعة والتجارب السحرية التى تقارب المعجزات . تراهم يعكسون نظرية الانتشار الغشائى . فبدلا من أن تتجه المياه المالحة القليلة التركيز إلى ما هو أكثر تركيزاً إذا بالعلماء يضاعفون الضغط على جدران الأغشية حتى يبلغ ٣٥٠ رطلا على كل بوصة مربعة .

وفى السويد قاموا بتجارب أخرى أحق بالدهشة ، إذ وضعوا

ماء البحر فى حوض كبير ، وجعلوا عليه ضغطاً يبلغ مائتين وثمانين ضعفاً للضغط الجوى العادى ، وفى نفس الوقت رفعوا درجة حرارة الماء إلى٤٧٥ درجة مئوية ، فانفصلت مياه البحر إلى طبقتين : العليا منهما بها نسبة بسيطة جداً من الأملاح تقارب النسبة الموجودة فى مياه الشرب العادية من الأنهار ، والسفلى غاية فى التركيز . ويمكن فصل الطبقتين كل منهما عن الأخرى فى سهولة .

ومن العلماء من يرى الإفادة من بعض أنواع الأحياء المائية الدقيقة التى تستخلص الملح من الماء فى أجسامها ، لتحتفظ به ، وتعيد الماء ثانية عذباً لا حاجة إلى تقطيره . ولكن من المستبعد اتباع هذه الطريقة عملياً لما تحتاج إليه من تجميع كميات هائلة من هذه الأحياء الدقيقة وتربيتها لمضاعفة عددها ، ولضآلة كمية المياه التى تقطرها هذه الكائنات ، واستحالة الانتفاع بها كمورد ذى شأن للمياه النقية .

**المياه العذبة بالطرق الكيماوية**

**« الزيوليت »** (Zeolites)

استعملت هذه الطريقة خلال الحرب العالمية الماضية لتنقية المياه فى الجزر النائية ومناطق الصحراء المنعزلة على سواحل البحار ، وقد عاد الحديث أخيراً للإفادة منها فى الحصول على كميات من المياه الحلوة بأدوات يسهل حملها أو نقلها ، لاتزيد أحياناً على كيس من مادة لدائنية تجرى فيه عملية تعذيب الماء

وتخزينه . وتجرى الآن التجارب المعملية فى بعض معاهد البحوث لإقامة منشآت تكفى حاجة مئات الأسر . إذ كان من عيوب الطرق القديمة أن كمية الماء العذب لا تزيد على كمية الزيوليت المستعملة ، وكانت عملية تحويل مياه البحر المركزة لا تزيد على التخلص من جزء من ملوحته .

والزيوليت مجموعات من المركبات الكيموية ، فزيوليت الفضة التى اقترح « بجانس » استعمالها لفصل الملح من الماء تتكون من سليكات الألومنيوم والفضة . وهناك أنواع أخرى من الزيوليت أساسها الرصاص أو النحاس أو الباريوم أو غيرها ، وهذه الثلاثة الأخيرة سامة ، ولا يمكن تطبيقها فى عمليات تنقية المياه .

وأساس التنقية هنا التبادل الأيونى ، أو الترسيب ، أو هما معاً . ثم استخلاص الزيوليت ثانية بعد تشبعها بالأملاح . ومن أهم ميزات التنقية بالزيوليت أنها تجرى دون الحاجة إلى أية طاقة حرارية أو كهربية ، كما أن زيوليت الفضة يقوم بتطهير الماء إلى حد ما من جراثيمه .

### التنقية بالتجميد

من المعروف أن الجليد الذى يغطى بحار المناطق القطبية إنما هو مياه عذبة نقية انفصلت عنها المياه المالحة . وبتطبيق هذه القاعدة على مياه البحر بتبريدها الشديد يتجمد جزء من

الماء على هيئة ثلج نقى . ولما كانت درجة غليان الماء تنخفض بانخفاض الضغط ، كان فى الإمكان أن نهبط بالحرارة إلى ثلاث درجات تحت الصفر ، بتفريغ الهواء ، فيتبخر جزء من الماء يمكن امتصاصه بمحلول بروموز الليثيوم حتى لا يؤثر فى درجة تفريغ الهواء داخل أوعية التبريد . ثم تتكون قطع من الثلج . ونستطيع زيادة سرعة التبريد بالمضخة الحرارية التى تساعد على سحب الحرارة ، فتزداد سرعة تجميد الماء وكمية الثلج المتكون . أما الماء الذى أصبح مشبعاً بالأملاح فيسحب فى أنابيب إلى خزانات حيث يمكن تبخيره بحرارة الشمس والترسيب ثم تنقيته والإفادة منه . ويجمع الثلج ويوضع فى أوعية لإذابته بحرارة الشمس ليصير ماء نقياً صالحاً للشرب والرى والصناعة.

وتقوم عملية تجميد الماء على حقيقة فيزيائية هامة ، هى أن الطاقة اللازمة للتجميد أقل كثيراً مما تحتاج إليه عملية الغليان . وقد أمكن الحصول على مائتين وخمسين جالوناً من الماء فى الساعة بسعر مليمين تقريباً للجالون ، بطاقة لا تزيد عن ثلاثة كيلووات ـ ساعة . وفى جهات متفرقة من العالم معامل لتنقية المياه بالتثليج ، بطريقة تخفيف الضغط ، من بينها معمل تجريبى أقيم فى سيراكوز يحول نحو عشرين ألف جالون فى اليوم.

**التجميد بغاز البوتان**

يعرض اليابانيون الآن مصانع كاملة رخيصة الثمن ، وأكثر

اقتصاداً من طريقة التبخير بتخفيف الضغط ، وذلك بأن يضاف إلى الماء الملحى غاز البوتان ، وهو لا يذوب فى الماء ، ويخفف الضغط قليلا فيتبخر البوتان .

ولما كان البوتان يتبخر فى حرارة قدرها نصف درجة تحت الصفر ، فإنه يمتص قدراً كبيراً من حرارة الماء ، فيتحول جزء منه إلى ثلج يجمع ويذاب ، فى حين يعود البوتان سائلا مرة ثانية ، ليقوم بدوره مرة أخرى وهكذا . . .

## طرق أخرى

وهناك طرق أخرى كثيرة لتنقية الماء ، نذكر منها : إذابة إحدى المواد العضوية فى مياه البحر ، فينفصل عنها الملح ، ثم تبخر المادة العضوية للحصول على الماء نقياً . وتزيد هذه المواد العضوية التى يجرى عليها العلماء تجاربهم على أكثر من مائتى مادة .

ومن بين ما اقترحه العلماء استخدام أنواع من الكائنات المائية الدقيقة التى من صفاتها انتزاع الملح من الماء والاحتفاظ به فى أجسامها وطرد الماء النقى . وهى وسيلة نظرية أكثر منها عملية فإن ذلك يستدعى — كما سبق القول — تجميع كميات ضخمة من مثل هذه الكائنات الدقيقة وتربيتها لتكثيرها ؛ ومع ذلك لن تزيد الكميات التى نحصل عليها فى النهاية على بضع لترات فى اليوم . . .

# ثروات فى قاع البحار

لا تقف فوائد تنقية المياه عند حدّ تعمير الأراضى القاحلة وزراعة الصحراء ، بل إنها تفتح آفاقاً زاهرة باستغلال ثروات هائلة لا حدّ لها ، من تلك الأملاح الذائبة فى مياه البحار ، ومن استغلال البخار قبل تكثيفه فى إدارة آلات المصانع . . .

إن فى الماء حياة جديدة ، وثروات لم نكن نحلم بها ، سوف تغير من معالم حياتنا الحاضرة ، وتمنحنا طاقة كبيرة ، وقوة جديدة يبعثها بخار الماء بفضل الطاقة الشمسية التى ستكون فى المستقبل القريب أهم وأرخص مصدر للطاقة اللازمة لتنقية المياه المالحة . ولقد كانت الطاقة الشمسية هى الطريقة الوحيدة لتبخير الماء الملحى فى أحواض بالقرب من سواحل البحار للحصول على ملح الطعام . كان يستعملها المصريون واليونان والرومان وغيرهم منذ آلاف السنين ، وما زالت تلك الطريقة متبعة حتى الآن فى أنحاء كثيرة من العالم . وملاحات المكس بالقرب من الإسكندرية معروفة لدينا .

وفى عشرات الأعوام الأخيرة بدأ العالم يبحث عن مصادر جديدة للمعادن ، لازدهار المدنية والصناعة ، وحاجتها إلى آلات وأدوات جديدة ، فأخذ العلماء يجوبون المناطق الصحراوية والجبلية ، ثم كشفوا فى البحار كنزاً من المعادن الثمينة ، كان

لبعضها أثر كبير فى ظهور بعض الاختراعات والصناعات .

وحتى نقف على أهمية الكميات الكبيرة من الأملاح ، نذكر أن كل لتر من مياه البحر المتوسط به ثلاثة وأربعون جراماً ونصف جرام من الأملاح ، وكل لتر من مياه البحر الأحمر به أربعة وخمسون جراماً على الأقل . ويقوم الروس بمحاولات للحصول على الراديوم من ماء البحر ، كما يعمل الكثيرون على استخراج الذهب الذى يقدر بملايين الأطنان ، ولكن طريقة استخراجه حتى الآن تزيد نفقاتها كثيراً على ما ينفق فى استخراجه من المناجم فى باطن الأرض .

وقد حاول العالم الكيميائى المشهور « فريتز هابر » خلال عشرة أعوام كاملة ( ١٩١٨ — ١٩٢٨ ) أن يحصل على الذهب بطريقة رخيصة من ماء البحر ، لتتمكن ألمانيا من تسديد ديون الحرب العالمية الأولى . وكانت أكبر كمية حصل عليها هى خمسة مليجرامات من الذهب فى باطن الماء المالح ! وكلما ازداد إتقاناً وعناية بأجهزة التنقية نقصت كمية الذهب المستخلصة عن خمسة مليجرامات . . .

وقد كشف « داو » عن طريقة اقتصادية للحصول على البروم بخلطه بمواد قلوية اتبعت فيما بعد لاستخلاص الكلور أيضاً . والبروم عقار هام تستخدم بعض أملاحه لتهدئة الأعصاب ، ويدخل فى الصناعة فى عملية تقطير البنزين والصبغات وأدوات التصوير ومواد التجميل .

والمغنسيوم يوجد بنسبة ستة أجزاء فى المليون من ماء البحر ويستخرج بمزج الماء بماء الجير ليرسب إيدروكسيد المغنسيوم ، ويعالج بحامض الكلوردريك ، للحصول على كلورور المغنسيوم ، ثم يبخر المحلول للحصول على الملح نفسه . أما الخطوات التالية فهى صهر الكلورور ، ثم إمرار تيار كهربى لفصل المغنسيوم نقياً .

ويمتاز المغنسيوم بخفته ، فهو أخف من الألومنيوم ، كما أنه أكثر صلابة ومقاومة للأجواء ، وأشد احتمالاً للحرارة العالية ؛ ولذلك يستعمل فى صناعة القنابل وأجزاء الطائرات . كما تدخل أملاح المغنسيوم فى العقاقير ، وأشهرها كبريتات المغنسيوم ( الملح الإنجليزى ) وكربونات المانيزيا . . .

وأملاح الكلسيوم والبوتاسيوم تدخل فى صناعة الأسمدة . ومن الطرق التى عرفت حديثاً إمكان رىّ بعض الأراضى الصحراوية بمياه البحر ، بإضافة ملح البوتاسيوم إليها ، مما يتيح زراعتها ببعض أنواع المحاصيل .

واليود والفلور والسترونشيوم والألومنيوم والليثيوم وكميات صغيرة جداً من الروبيديوم والباريوم والزرنيخ والحديد وكبريتات الزنك والنحاس والفاناديوم والكوبلت . . . كل هذا وغيره يمكن الحصول عليه من مياه البحار .

وهذه فكرة سريعة عن صناعات جديدة فى طريقها إلى الظهور والنمو على سواحل البحر فى المستقبل القريب .

ولا شك أن غدنا سيكون ثورة صناعية عارمة ، تجعل من شواطئنا البحرية مراكز هامة للصناعة ، باستخراج المعادن وتصنيعها ، وامتداد العمران امتداداً سريعاً يدعونا إلى الإيمان العميق بمستقبل الوطن ، ما دمنا نأخذ للأمر عدته بالدراسات والبحوث ، والتخطيط السريع ، والعمل منذ اليوم لمستقبلنا الرائع المجيد .

# الطاقة الحرارية للبحار

تمتص الطبقات السطحية من مياه البحار حرارة الشمس ، فترتفع درجة حرارتها ارتفاعاً ملموساً حتى عمق مائة متر ، ثم تقل تدريجاً حتى تصل إلى عشر درجات على بعد أربعمائة متر من سطح البحر . وتظل فى جميع البحار والمحيطات ، عند هذا العمق ، قريبة من عشر درجات ، فى مختلف فصول السنة ، ثم تنخفض كلما هبطنا إلى أعماق أكبر ، فى حين نراها تختلف اختلافاً بيناً فوق السطح .

ففى البحر المتوسط تصل إلى ٢٥ خلال جزء كبير من السنة ، وترتفع إلى ٢٩ فى أشهر الصيف . أما البحر الأحمر فتزيد حرارة سطحه على ثلاثين درجة فى أكثر من ثلثى العام . وكلما ازدادت درجة حرارة السطح كان الفرق كبيراً بين درجتى حرارة السطح والأعماق ، فهى — إجمالا — تجاوز العشرين درجة فى البحر الأحمر وسبعة عشر درجة فى البحر المتوسط خلال العام . ويزداد الفرق بين سطح البحر وعمقه كلما اتجهنا نحو خط الاستواء ، حيث يثبت الفرق بين الدرجتين طول العام .

هذا الفرق فى درجة الحرارة بين مياه سطح البحر الساخنة

وأعماقه الباردة هو الذى فكر العاماء فى استغلاله للحصول على الطاقة .

ولقد تنبأ « جول فرن » منذ نحو ثمانين عاماً بإمكان استغلال هذا الفرق ، فى قصته العلمية « عشرون ألف فرسخ تحت البحر » ، واقترح بأسلوب جذاب ضرورة الإفادة من حرارة الشمس التى تختزن فى الطبقات العليا من سطح مياه البحار ، ثم حدثنا عن مياه الأعماق وكيف أنها مياه باردة حرارتها واحدة فى جميع مياه بحار العالم .

وفى أوائل هذا القرن حاول العالم الفيزيائى « دارسونفال » أن يستغل الفرق بين درجتى حرارة سطح البحر وأعماقه ؛ وذلك بتطبيق نظرية « كارنو » التى تتلخص فى أن الحصول على طاقة ميكانيكية من الطاقة الحرارية يقتضى توافر مصدر ساخن للحرارة وآخر بارد . أى توافر فرق بين درجتى حرارتيهما . وتزداد الطاقة الميكانيكية تبعاً لزيادة هذا الفرق .

واعتمد أيضاً على ظاهرة اختلاف درجة غليان الماء وغيره من السوائل باختلاف الضغط الواقع عليها . فالماء يغلى فى درجة المائة فى مستوى سطح البحر ، فى حين يغلى فى درجة خمسين أو أربعين أو أقل كلما ارتفعنا فى الجو فوق سطح جبل أو فى طائرة ، فنحن نعرف جيداً أن الضغط يخف بازدياد الارتفاع .

وفى الإمكان تخفيف الضغط بجهاز للتفريغ فى غرفة مغلقة تماماً ، ثم ندخل إليها ماء ساخناً ، فيتبخر على الفور . وبإمرار البخار فى غرفة أخرى ملاصقة للأولى تنخفض درجة

الحرارة إلى عشر درجات مئوية مثلا ، ويتكثف البخار ليصير ماءً مرة ثانية .

وبوضع توربينة بين الغرفة الأولى المفرغة الهواء ، حيث تحول الماء الساخن إلى بخار ، والغرفة الثانية المبرّدة الهواء التى تكاثف فيها البخار ، فإن ما يحدث هو دفع البخار خلال مروره أسنة التروبينة ودورانها ، ومن ثم توليد القوة المحركة .

وهذه هى التجربة التى قام بها « جورج كلود » و « بيير بوشرو » فى الخامس عشر من شهر نوفمبر من عام ١٩٢٦ ، وتقدما بها إلى أكاديمية العلوم . قام العالمان الفرنسيان بتركيب جهاز مكون من وعاءين من الزجاج وقد اتصل بعضهما ببعض ، وأحكم إغلاقهما تماماً ، ووضعا فى الأول منهما ماء ساخناً فى درجة حرارة ٣٠ مئوية ، ووضعا فى الثانى ماء بارداً حرارته أقل من عشر درجات مئوية ، فعند ما خفف الضغط بتفريغ الهواء ، تبخر الماء الساخن ، وهو فى طريقه إلى إناء الماء البارد حيث يتكثف ثانية إلى ماء ؛ ودفع البخار توربينة صغيرة موضوعة بين الإناءين إلى الدوران وتوليد طاقة كهربية كانت كافية لإضاءة ثلاثة مصابيح كهربية . ولم يقفا عند تقدمهما بهذا الجهاز إلى الأكاديمية ، لإدراكهما ما سيكون له من قيمة عملية خطيرة فى عالم الصناعة فى المستقبل ، بل اتفقا مع إحدى شركات الصناعة الكبرى على إقامة مصنع تجريبى على نهر الموز (Meuse) ، وجعلا للماء البارد حوضاً يصل إليه الماء

من النهر . أما الماء الساخن فترتفع درجة حرارته فى سخانات إلى ٣٣° قبل تفريغها فى الحوض . ودارت التوربينات الكبيرة وحصلا على طاقة كهربية قدرها ستون كيلوات ساعة .

وأغرى نجاح التجربة بمزيد من التجارب وعلى نطاق أوسع . ففى عام ١٩٢٩ اختار « جورج كلود » مكاناً فى خليج « مانتزاس » فى كوبا ، درجة حرارة مياهه السطحية ٢٨° ، والحرارة على عمق سبعمائة متر ثمانى درجات فقط ، وأنزل فى الماء أنبوبة قطرها متران وطولها كيلومتران . وكان هذا الموضع من الخليج مناسباً من وجوه كثيرة ، ولكن الأنبوبة تحطمت فى المحاولة الأولى فى أثناء إنزالها . فعاد بعد عام ليكرر المحاولة ، بعد جعل الأنبوبة مكونة من قطع مرنة تقاوم الأمواج . وكان نصيب هذه المحاولة الإخفاق أيضاً ، إذ كانت شدة الأمواج سبباً فى تحطيمها ، فلم ييأس ، بل عاود الكرة مرة ثالثة فوق السفينة « تونس » ، وكان ذلك عام ١٩٣٤ ، ليقوم بتجربته وسط مياه البحر ، بالقرب من شواطىء البرازيل ، حتى يستطيع جعل أنابيب نقل المياه الباردة عمودية ؛ وجعل فى نهاية الأنابيب صندوقاً معدنياً ثقيلاً يرتكز على قاع المحيط . أما باقى ما يحتاج إليه من أجهزة للماء الساخن ، وغرفة التبخير المخففة الضغط ، والمكثفات ، والتوربينات لتوليد الكهرباء ، فكان فوق سطح السفينة . وفشلت التجربة الثالثة ، نقفل راجعاً إلى فرنسا .

ومرت الأيام ، ونشبت الحرب العالمية الثانية ، وبالرغم من ذلك كانت هناك بحوث علمية تجرى لدراسة العقبات الفنية التى وقفت فى طريق « كلود » . وأهم الصعاب التى تغلبوا عليها هى القواعد العائمة ، لتوضع عليها أجزاء الأنابيب ، بحيث لا تؤثر عليها الأمواج ، وقد اخترعها العالم « نيزيرى » ثم توصلوا إلى المواد ذات المقاومة الكبيرة للصدأ والتآكل لتصنع منها هذه الأنابيب ، وكشفوا طريقة لامتصاص الغازات الذائبة فى الماء كالأوكسجين والنتروجين وثانى أكسيد الكربون والأرجون ، وهى تقف حائلا دون التفريغ الكامل للهواء ، وقد كشف عنها العالم « راتو » .

وكان لهذا التقدم الكبير الذى أحرزه العلماء أثره فى تكوين جمعية « طاقة مياه البحر » التى أنشئت سنة ١٩٤٨ لإقامة محطة تجريبية فى ميناء « أبيدجان » فى ساحل العاج تحت إشراف العالم « نيزيرى » .

واعترض إنشاء المحطة عقبات مالية وفنية كثيرة خلال عشرة الأعوام الماضية ، وقد تغلبوا عليها جميعاً . فإن كان قد تأخر بدء العمل فى المحطة لاستخلاص الطاقة من فروق الحرارة بين سطح المحيط ومياه الأعماق ، فإن تلك الأعوام الطوال أفادت فى إجراء مئات التجارب ، فأصبحت الآلات صغيرها وكبيرها مثالا للدقة والإتقان . وتستطيع هذه المحطة توليد طاقة قدرها ٥٠ مليون كيلوات ساعة . وسيكون نجاح هذه المحطة

التجريبية الصغيرة دافعاً لاستغلال شواطىء البحار الدافئة . وما أجدرنا نحن باستغلال شواطئنا الطويلة التى من ورائها ملايين الأفدنة من الأراضى الرملية تنتظر المياه العذبة لزراعتها والمصانع التى تصنع ثروات البحار من أملاح ومعادن ، والتى تستطيع أن تجعل بلادنا من أغنى بلاد العالم بهمة بنيها ونشاطهم .

ولا ننس الثروات المخبوءة تحت رمال الصحراء وفى صخور جبالها . . .

ويقترح العالم « لوبو »، زميل « نيزيرى » فى « أبيدجان »، الاستفادة من البخار المولد للقوى بتكثيفه والاستفادة منه لزراعة وتعمير مناطق شاسعة ، فإن مصنعاً كمصنع « أبيدجان » يكفى حاجات مدينة بأكملها من مياه الشرب والتصنيع وزراعة مساحات كبيرة من حولها .

والجهاز الذى يولد طاقة تقدر بعشرة آلاف كيلووات يمدنا بثلاثة ملايين ونصف جالون يومياً ، فالطاقة تتناسب مع مربع فرق درجة الحرارة بين السطح والمياه العميقة .

ومن الممكن جداً زيادة كفاية المصنع بطريقة اقتصادية ، وهى زيادة تسخين سطح البحر بتغطيته بألواح من البلاستيك الشفاف ، أو بصبغة تمتص الحرارة ، أو حتى بوضع طبقة دقيقة من الزيت لمنع تبخر الماء من فوق السطح ، وبذلك تزداد درجة حرارته .

والأفضل أن تكون مثل هذه المحطات فى خلجان ضيقة ،

أو تعمل لها خلجان صناعية داخل أرض الشاطئ . ومن التحسينات التى يقترح العلماء إدخالها عدم الحاجة إلى استخراج المياه من الأعماق ، والاكتفاء بتبريد المياه القريبة من السطح بالمضخات الحرارية التى تديرها حرارة الشمس ، لتكون اقتصادية ما أمكن . وينادى آخرون باستعمال مياه السطح الساخنة لتبخير أحد الغازات التى تكون درجة غليانها منخفضة جداً ، كالبروبان أو البوتان، ويستعمل بخارها لإدارة الآلات . ويفضل أن تكون المحطات قريبة من المناجم أو أماكن الاستغلال الصناعى .

# الطهى المنزلى

تعتبر مواقد الطهى المنزلى إحدى الصور لتركيز أشعة الشمس بالمرايا . ويعتبر « آبوت » أول من اخترع فرناً للطهو بتركيز الحرارة على أنابيب مملوءة بالزيت فى بؤرة المرايا ذات القطاع المتكافئ ، فى حين يوضع وعاء الطهى فوق تلك الأنابيب الساخنة التى ترتفع حرارتها إلى درجة عالية وتحتفظ بها مدة طويلة .

وفى المعهد القومى للبحوث بالقاهرة جهاز صممه العلماء المصريون ، يوضع فيه الوعاء على أنابيب بها أنواع من الزيوت ذات درجة غليان مرتفعة ، وتحيط بها مرايا جانبية عاكسة تتكون من ألواح مغطاة بورق الفضة . وكان هدفهم فى هذا التصميم أن يفى بغرضين : سرعة الطهى ، والاقتصاد فى نفقات صناعته . فالثمن الذى سوف يباع به لن يزيد كثيراً على ثلثمائة قرش ، مما ييسر اقتناء الفلاحين له ، وتوفير أنواع الوقود الأخرى كالحطب وروث البهائم ، مما يمكن الاستفادة منها فى أغراض أخرى .

فالفرن الشمسى لن يكلف إلا ثمنه ، أما ما عدا ذلك — وهو حرارة الشمس — فهى فى متناول اليد دون مقابل .

وقد أعد معهد البحوث الشمسية فى الهند فرناً صغيراً يتكون

من شريحة دقيقة من الألومنيوم يبلغ سطحها ثلاثة أمتار مربعة على هيئة مرآة مقعرة لتجميع الأشعة، ويوضع الإناء المعد للطهى فى البؤرة ذات اللون القاتم لزيادة عملية امتصاص الحرارة .

كما صمم العالم « جاردنر » مجمعاً للحرارة يحتوى على عدد كبير من المرايا الصغيرة المركبة على قضبان يمكن تحريكها بحيث تتبع حركة الشمس . وإن كان هذا المجمع مرتفع الثمن عن الفرن العادى فإنه يمدنا بطاقة حرارية أكبر لا للطهو فقط ، بل من أجل تسخين الماء والحصول على بخار ، فقد أمكن إدارة طلمبة لاستخراج المياه الجوفية بجهاز يتكون من مرايا صغيرة متحركة تبلغ مساحتها ستين متراً مربعاً .

ويمكن استخدام أفران الطهى الشمسى حوالى ست ساعات فى المتوسط يومياً ، ولا يستغرق طهى اللحوم أكثر من ساعة ، أما الخضراوات والأرز والعدس فتنضج فى أقل من ١٥ دقيقة .

ويمتاز فرن « ماريا تلكس » — الذى صممته بفضل المعاونة المالية لشركة « فورد » — بأنه يجمع بين الصندوق الزجاجى ذى الألواح الشفافة والمرايا الجانبية من الألومنيوم التى تركز الحرارة على الوعاء الموضوع فى نقطة التجميع الحرارى .

# التجفيف

من الصناعات التى ينتظر لها مستقبل كبير فى جمهوريتنا العربية المتحدة : صناعة تجفيف الأغذية ، وهى صناعة جديدة ، وإن كانت معروفة منذ قديم الزمان . وفى عصور ماضية كان الناس يلجأون إلى التجفيف البطىء حتى تشغل الأغذية مكاناً صغيراً ، وتبقى فترة طويلة صالحة للأكل ؛ وقد عرف أجدادنا من قديم طريقة تجفيف العنب والبلح والتين بأشعة الشمس . ثم تجفيف تلك الأنواع من الخضراوات والفاكهة المعرضة للعطب السريع ، أو التى ينتهى موسم ظهورها بعد فترة قصيرة ، واليوم أصبح مجال التصدير إلى الخارج كبيراً بزيادة الرقعة الزراعية وانتشار التصنيع الزراعى .

وتحتوى الخضر والفاكهة على كمية كبيرة من الماء تروح بين ٦٥٪ و ٩٥٪ ، والماء الذى يساعد على استمرار العمليات الحيوية ، يساعد أيضاً على سرعة التحلل والتعفن ؛ فبتجفيفها تحتفظ بالجزء الأكبر مما فيها من فيتامينات وبروتينات مدة طويلة ، وبدون أن يتغير لونها أو طعمها .

ومن المعروف أن لخروج الماء من الخلايا دون الإضرار بها شروطاً طبيعية وكيموية . وعند استهلاكها تتبع طرق عكسية حتى تمتص خلايا الأنسجة النباتية الماء وتعود إلى طبيعتها الأولى

دون أن تتأثر حيويتها . ثم إن أكثرها لا يحتمل درجات الحرارة العالية . فالتجفيف الشمسي يعتبر لذلك من أحسن الطرق وأسهلها ، ولا يكاد يكلف شيئاً .

وأغلب أجهزة التجفيف الحديثة تتركب من صندوق زجاجي ، بداخله أرفف توضع فوقها الفاكهة أو الخضراوات ، ثم يمرر عليها تيار من الهواء الجاف الساخن ، ليساعد على سرعة عملية التجفيف . وتوضع الأرفف بعضها فوق بعض فى شكل مائل، فعند تبخر الماء من الثمار أو الخضراوات يتكثف فى قنوات تسير إلى قاع الصندوق الزجاجي ، ثم إلى الخارج .

وتتبع طرق أخرى حديثة للتجفيف بمواد كيماوية تمتص الرطوبة ، ثم تطرد منها المياه التى امتصتها بالحرارة الشمسية ، لتعود من جديد صالحة لامتصاص الماء مرة أخرى .

# القوة المحركة

تقاس عظمة الأمة ومدى تقدمها ورفاهيتها بثرواتها المعنوية والمادية . وثروة الأمة المعنوية هى شعور الفرد بأنه عضو فى أسرة الوطن الكبرى ، يعمل لخدمتها ، كما يعمل الوطن من أجل خيره وإسعاده . فالإخلاص ، والمحبة ، والتعاون ، والحماسة للعمل ، والبحث والدرس ، هى دعائم يقوم عليها دون شك مستقبل البلد .

وثروة الأمة المادية هى ما تملكه من ثروات وطاقة ؛ وكلما ازدادت مدخراتها وإمكانياتها ارتفع قدرها ومكانتها بين الأمم ، فالثروات الموجودة فى باطن الأرض كالبترول والفحم والخامات ، وفى البحار ، ثم النباتات فوق سطح الأرض ، وتلك الرياح التى تنشأ من فروق فى درجات حرارة الشمس بين مختلف طبقات الجو ، فترفع المياه لتسقط ثانية على صورة أمطار ، وتكون أنهاراً تفيض بالخيرات على جوانبها ، وتمدنا بقوة كهربية ومحركة هائلة بما يقام فى طريقها من سدود قبل أن تضيع مياهها فى البحار والمحيطات — هذه الثروات الهائلة هى عوامل تقدم الأمم ورفاهيتها . . .

وهذه القوى الشمسية هى حياة الصناعة ، بل حياة الأمة . فالآلات تحركها القوة ، والقوة فى كل مظاهرها مستمدة من

الشمس، فالفحم والبترول والديزل والسولار وقوى الريح والماء ، كلها يعود أصلها إلى الشمس . بل إن النباتات لم تكن لتنمو لولا ظاهرة التمثيل الكلوروفيلى الذى يقوم فيه ضوء الشمس بالدور الأول ، وتختزن فيه النباتات من طاقتها الحرارية ما يعادل مائتين وخمسين طناً من الفحم فى الفدان .

إن معاهد البحوث تجرى تجارب قد تغير من وجه الصحراء فى فترة وجيزة ، بما نتوقعه من ظهور أنواع جديدة من الوقود الكحولى يستخرج من نباتات كالبطاطس ، والبلح والعنب والبنجر وقصب السكر وغيرها، لإدارة آلات السيارات والمصانع .

وكان المصريون والإغريق أول من ذكروا فى أساطيرهم فكرة استعمال الآلات الشمسية ، ومن بعدهم اختبارات « غاليليو » و « ليوناردو دافنشى » . وعرض « موشو » فى معرض باريس عام ١٨٧٨ أول آلة تحول الماء إلى بخار بالطاقة الشمسية. وكانت غلاية أسطوانية موضوعة فى بؤرة مرآة مخروطية الشكل، قطرها خمسة أمتار . وحصل من آلته على قوة حصان واحد ، فكانت بذلك كفايتها خمسة فى المائة ، وهى نتيجة لا بأس بها بالنسبة لذلك الوقت .

وبعد خمس سنوات حصل « إريكسون » بطريق المرايا الأسطوانية ذات القطاع المتكافئ على نتيجة مماثلة .

وفى عام ١٩١٠ قام « شومان » بتجربة آلات بخارية

تحت ضغط مخفف ، بتسخين الماء فى أحواض مغطاة بالزجاج ، قد ركزت عليها أشعة الشمس التى تسقط على مرايا مسطحة وضعت على جوانب الحوض ؛ ولكنها كانت أقل إنتاجاً للبخار المحرك عن مثيلاتها ، فلم تتعد الأربعة فى المائة . ثم أعد « شومان » فى ضاحية المعادى ، بالقرب من القاهرة ، آلات شمسية لرفع ماء النيل ورى الأراضى ، ولكنها لم تستمر طويلا ، إذ نشبت الحرب عام ١٩١٤ وأهمل أمرها .

ولنذكر من التجارب : تلك التجربة التى قام بها « بارجو » سنة ١٩٣٢ بتسخين طبقة من الزيت تنتقل حرارتها إلى الماء لتبخره بدورها ؛ وتجربة « جورج كلود » باستخدام فروق درجات الحرارة ، وتجربة « ويلهلم ماير » الذى اقترح تسخين الزيت فى أنابيب تمرر بعد ذلك على خزانات من الأسمنت لتبخير ما فيها من ماء .

وتبذل مجهودات ضخمة فى أقطار كثيرة من العالم كأمريكا وروسيا والهند وأستراليا وفرنسا ومصر لتحسين تلك الطرق القديمة ، وتتجه العناية إلى البحوث الهندسية :

أولا : لتصميم أجهزة رخيصة الثمن ، وذلك بصنع مجمعات شمسية مبسطة التركيب .

وثانياً : للتعمق فى دراسة التمثيل الكلوروفيلى فى النباتات .

ويقول « جون إيرس » فى كتابه « مصادر الطاقة » : « توجد وسائل كثيرة لاقتناص أشعة الشمس فى المناطق

الصحراوية والأودية المنزرعة والغابات والبحار ، وإذا أمكن استخدام عملية التمثيل الضوئى فى النبات للإكثار من النباتات، من أجل التغذية وزيادة الأراضى الخصبة ، ثم محاكاة هذه العملية بالتوصل إلى عمليات كيميا ضوئية من أجل القوة المحركة ، فإننا نكون على عتبة عصر جديد من ازدهار بحوث العلم » .

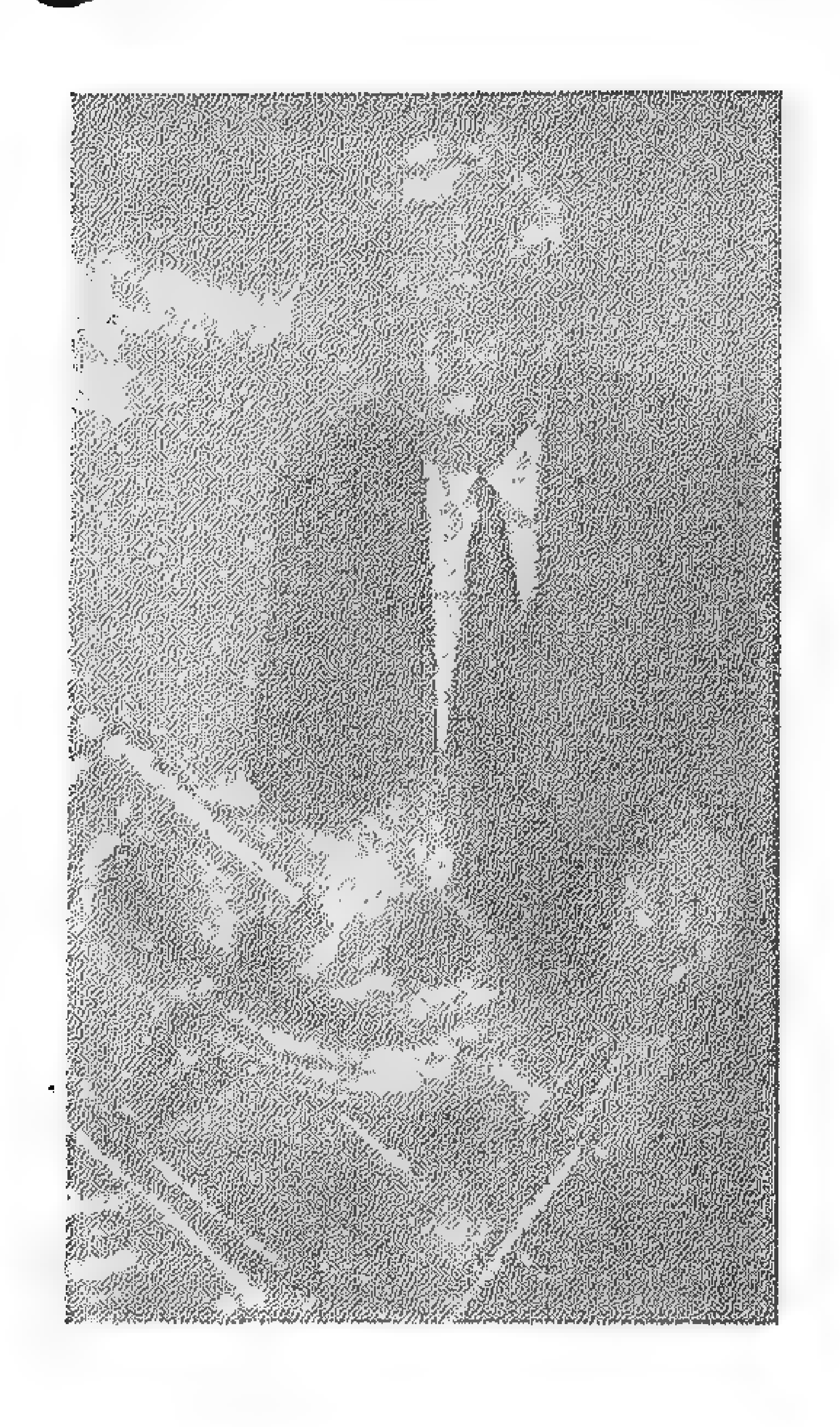
ويقدر « فارنجتون دانيلز » صاحب كتاب « البحوث فى الطاقة الشمسية» أن ما يسقط على قدم مربعة من الأرض يبلغ فى المتوسط كيلو سعر فى الدقيقة ، أى ما يعادل نصف الحرارة المتسببة عن إشعال عود من الثقاب . وبحساب هذه الكمية الضئيلة التافهة نرى أننا نستطيع الحصول على اثنين وعشرين مليوناً من الكيلووات فى اليوم من الأشعة التى يمتصها فدان واحد من الأرض ؛ وإنها لكمية لا يستهان بها ، تجعلنا نفكر فى وجوب استغلالها بأقصى سرعة ممكنة ، حتى تسهل عملية تهجير عدد كبير من الرواد الأوائل ذوى الخلق والإيمان القوى بمستقبل أمتهم وعظمتها ، إلى أراض جديدة صالحة للتعمير والزراعة والتصنيع ؛ فشمسنا تمتاز بحرارتها ، ووفرة سطوعها ؛ والأراضى الجديدة فى حاجة إلى تحويل تلك الحرارة إلى قوة محركة ، تتحول بفضلها الأراضى الرملية إلى مزارع خصبة بالأساليب العلمية الحديثة ، من تقطير الماء ، واستخراج المياه الجوفية بمضخات شمسية .

وتستغل القوة المحركة فى الصناعات الصغيرة أول الأمر ،

وفى إنتاج كهربا تضىء المدن والقرى ، وتدير أجهزة الإذاعة والتليفزيون ؛ فتصبح الصحراء جزءاً حيا من وطننا العزيز ، وعاملاً مهما من عوامل تقدمنا ورخاء مستقبلنا .

إن مناطق كاملة من الولايات المتحدة الأمريكية أمكن تحويلهـا إلى مدن عامرة بالسكان ، وإلى مصـانع وأراض خصبة ، لتوافر القوى الكهربية المحركة . وحتى تتحقق لنا القوة اللازمة من السد العالى ، فإن فى استطاعتنا التوسع فى توفير احتياجاتنا من طاقة الشمس.

ونحن لا نطمع فى إقامة المصانع الضخمة التى تديرها أشعة الشمس ، فهذه آمال بعيدة التحقيق . ولكن الفائدة المرجوة للمناطق الصحراوية والقرى الصغيرة فى وادى النيل ستكون للاستعمالات المنزلية ،



العالم الأمريكى « أبوت » — من أكبر رواد بحوث الطاقة الشمسية — يقوم بتوليد البخار لإدارة الآلات .

كالإضاءة وإدارة آلات صغيرة لصناعات ريفية بسيطة تروح قوتها من حصان بخارى إلى عشرة أحصنة ، وبها يمكن الاستغناء عن أنواع الوقود وعناء نقلها .

ومن رواد العصر الحاضر فى بحوث استغلال الطاقة الشمسية كقوة محركة العالم الأمريكى « شارل أبوت » الذى وقف حياته وجهوده فى هذا الميدان ، وقام بتصميم جهاز يوجد الآن فى متحف معهد « سميشونيان » ، وينتج قوة شمسية رخيصة ، إذ كان أساس بحوثه أن يكون التصميم لجهاز عملى كبير القدرة رخيص الثمن ، وقد أعده من أجل ضخ الماء من الآبار الجوفية أو من الأنهار لأغراض الرى والصناعات المنزلية الصغيرة.

والجهاز الذى صممه « أبوت » يتكون من مرآة ذات قطاع متكافئ مصنوعة من الصلب الخفيف تغطيه طبقة رقيقة من ألواح « الألكوا » ، وهو نوع من الألومنيوم يمتاز بقدرته على أن يعكس أكثر من اثنين وثمانين فى المائة من الأشعة الساقطة عليه . ويبلغ سطح المرآة مائة متر مربع تقريباً ، وتبلغ كمية الطاقة الساقطة عليها مائة وثمانية وثلاثين ألف سعر فى الدقيقة . تتركز هذه الحرارة على أنبوبة من الزجاج الشفاف من « البيريكس » موضوعة فى بؤرة المرآة .

وفى داخل الأنبوبة الزجاجية سائل « الأروكلور » الأسود اللون الذى يمتاز بارتفاع درجة امتصاصه للحرارة ، ويغلى فى درجة ٣٥٥ مئوية . وتنتقل الحرارة إلى غلاية الماء المصنوعة

من الصلب القويّ الاحتمال ، فيتبخر ، وتكون درجة حرارة البخار عالية جداً ، مما يجعل القوة المحركة لهذا الماء كبيرة يمكن تشغيلها ليلا ونهاراً .

ويعمل الروس منذ زمن طويل للعثور على طرق الإفادة العملية من الآلات الشمسية . ومن غرائب المصادفات أنه فى اليوم الثانى من ديسمبر عام ١٩٤٢ ، وهو اليوم الذى نجح فيه « أنريكو فرمي » فى محاولة شطر الذرة فى مفاعله للحصول على الطاقة ، بدأت تدور محركات آلات الجهاز الشمسى التجريبي فى طشقند .

وبعد انقضاء ستة عشر عاماً على ذلك التاريخ أصبحت التجارب المعملية حقيقة واقعة ، وافتتح أول مصنع تديره الطاقة الشمسية فى أرمينيا عام ١٩٥٨ . ففى وادى « أرارات » أقام الدكتور « بوم » برجاً يبلغ ارتفاعه أربعين متراً وضعت فوقه غلاية كبيرة تدور حول نفسها وعلى مسافة من البرج ثلاثة خطوط حديدية على شكل دائري وضعت فوقها ١٢٩٣ عربة ثبتت عليها مرايا مساحة كل منها خمسة عشر متراً ، تتبع الشمس خلال دورانها أثناء النهار بجهاز ألكترونى دقيق ، حتى تتركز عليها أكبر كمية ممكنة من الحرارة لتسخين مياه الغلاية الموضوعة فى نقطة تلاقى بؤرات هذه المرايا جميعاً . ثم يسير البخار من الغلاية إلى توربينات كبيرة لتوليد الكهربا ، وتبلغ

القوة الكهربية التى ينتجها هذا المصنع ثلاثة ملايين كيلو وات ساعة فى السنة .

وما زال العلماء يدخلون تحسينات جديدة على اختراعاتهم نتيجة بحوثهم وتجاربهم . ألا ليت شباب الوطن العربى يتعودون منذ صغرهم أن يقوموا بأيديهم بتجارب علمية بسيطة تدخل إلى قلوبهم شغف البحث والعلم، وتجعلهم يحسون لذة الوصول إلى نتائج ، وليتهم يتوسعون فى الرحلات إلى الصحارى وسواحل البحار وتذوق حياة التقشف والهدوء الساحر ، فينمو فى وجدانهم حب تلك المناطق التى تحتاج إلى عزائمهم وعقولهم وأيديهم الفتية .

وإن بعض الأجهزة الصغيرة التى اخترعها العلماء للحصول على طاقة محركة لا تتجاوز العشرة كيلووات تتحول إلى كهربا للإضاءة وإدارة المحركات ، تغرى حقاً بالدرس والبحث .

وقد صمم « شارل توليبيه » — من الرواد الأوائل للثلاجات الكهربية — محركاً يستغل خاصيتى قدرة النشادر على الذوبان بكميات كبيرة فى الماء وضغط غازه المرتفع ليعمل على إدارة المحركات ، فيمر الماء بين لوحين من الحديد متقاربين ومعرضين لحرارة الشمس ، فيتبخر غاز النشادر من الماء الدافئ بسهولة ، ويصل ضغطه إلى ثلاثة كيلوجرامات على السنتمتر المربع ، ثم يعود ثانية إلى خزان من الماء البارد ليذوب ثانية ويمر بين اللوحين من جديد وهكذا . وقد استطاع « توليبيه » دفع ٣٠٠ لتر

من الماء إلى علو عشرين متراً من جهاز مكون من لوحين مساحة كل منهما عشرة أمتار مربعة .

وباستعمال الأثير بدلا من النشادر يزداد الضغط إلى أربعة كيلوجرامات . وفى الولايات المتحدة تمكن المخترعون من تصميم محركات يدير آلاتها غاز ثانى أكسيد الكربون أو النشادر أو الفريون .

وسائل الفريون (Freon) المستعمل كثيراً فى الثلاجات يمكن استخدامه هنا للحصول على القوة المحركة . فيسخن الماء الموضوع فى وعاء أسطوانى بحرارة الشمس ثم يمرّ بعد ذلك على الأنابيب المحتوية على سائل الفريون فيتبخر وتزداد درجة حرارة بخار الفريون فى الأنابيب بتركيز حرارة الشمس عليها بواسطة عدد من المرايا ، حتى تصل إلى درجة تشغيل توربينة صغيرة ، ويعود الفريون إلى المكثف ليتحول إلى سائل ويعيد دورته مرة ثانية وثالثة . . .

# الأفران الشمسية

عرف الإنسان منذ آلاف السنين أن أشعة الشمس يمكن أن تنتج حرارة عالية جداً بتركيزها .

وفى عام ١٨٤٤ اخترع « لافوازييه » ، أول فرن شمسى صهر فيه البلاتين والحديد . وبعد فترة تزيد على ثلاثة أرباع القرن عاد اهتمام العالم إلى الأفران الشمسية إثر ظهور جهاز اخترعه العالم « ستراوبيل » ، ويتكون من مرايا ذات قطاع مكافئ ، صنعت خصيصاً له من الزجاج المغطى بالفضة فى مصانع « زايس » ، وكان قطر المرآة مترين ، وبعدها البؤرى ستة وثمانين سنتيمتراً .

وفى أول جهاز صممه واستعمله « ستراوبيل » تنعكس الأشعة إلى مرآة مسطحة ، ثم إلى عدسات تركز الأشعة على الأجسام التى يريد دراستها . وقد وجد أن تركيز الأشعة على المرايا مباشرة كان يعرضها للكسر . فاستعمل لتلافى ذلك مرآة مقعرة ذات قطاع مكافئ ثابتة لا تتحرك ، وتعكس عليها الأشعة من مرآة مسطحة تتابع تحرك الشمس .

وفى خلال الحرب العالمية الماضية كان الألمان يستعملون المرايا الكاشفة ، وهى من الزجاج المغطى بالفضة ذات قطر يبلغ ثمانين سنتيمتراً . وقد حصل العلماء الفرنسيون على بعض هذه

المرايا الكاشفة لتكون جزءاً من الفرن الشمسى الذى أنشىء بالقرب من باريس ، ثم استقر نهائياً فى قلعة سان لويس على ارتفاع ١٦٠٠ متر فوق جبال البرانس ، وهو — حتى الآن — أكبر فرن شمسى فى العالم ، وقد قام بتصميمه العالم الفرنسى « ترومب» ويتكون من جهاز موجه « الهليوستات » ، وهى لوحة مساحتها ١٣٥ متراً مربعاً مغطاة بخمسمائة مرآة صغيرة متلاصقة .

وتتحرك اللوحة حتى تسقط عليها أشعة الشمس طول النهار بواسطة خلية كهرضوئية (العين الألكترونية) ، ثم تنعكس الأشعة على الجهاز المواجه لها ، وهو مرآة هائلة مقعرة مثبتة ؛ وتوضع فى بؤرتها المثبتة أيضاً المواد المراد تنقيتها أو صهرها أو فحصها . وهذا الجهاز الأخير المثبت يتركب من مرآة مقعرة ذات قطع مكافئ تحتوى على ثلاثة آلاف وخمسمائة مرآة صغيرة مقوسة وانحناءاتها البسيطة تضاعف تركيز المرايا ثمانى مرات ، فتصبح الثلاثة آلاف وخمسمائة مرآة وكأنها خمسة وعشرون ألفاً . وقد حصل « ترومب » من فرنه الشمسى على حرارة تزيد على ٣٥٠٠° م .

وبالقرب من مدينة الجزائر فرن شمسى صنعت مراياه من سبيكة من الألومنيوم والمغنسيوم تجرى فيه البحوث العلمية البحتة ، كدراسة التأثير الكيماوى الضوئى للأشعة فوق البنفسجية .

فى بؤرة المرآة المقعرة المكونة من ١٤٤ مرآة صغيرة يوجد

مرشح يحتوى على أملاح كبريتات النحاس والكوبلت لامتصاص جميع الإشعاعات الشمسية التى تزيد على أربعة آلاف إنجستروم وتركز الأشعة فوق البنفسجية .

وتجرى فى فرن الجزائر الشمسى تجارب رائعة على كثير من العمليات الكيميائية مثل: أملاح الكلود والنتروجين ، ومشتقات البترول ، وعملية تحضير حامض النتريك بخلط غازى الأزوت والأكسجين وتمرير الخليط على أكسيد الثوريوم كعامل مساعد ، وقد رفعت درجة حرارته إلى ٣٥٠٠°م ليتكون فى النهاية حامض النتريك .

# كهرباء من ضوء الشمس وحرارتها

وجه العلماء والمهندسون عناية كبيرة لبحوث توليد الكهربا للإضاءة وتشغيل الآلات من أشعة الشمس بأجهزة بسيطة لا تحتاج إلى أجزاء متحركة كغلايات للبخار وتوربينات ، بل تحول ضوء الشمس وحرارتها إلى كهربا مباشرة دون اللجوء إلى تسخين الماء إلى بخار ، ثم استخدام هذا البخار فى إدارة التوربينات .

وللحصول على الكهربا من حرارة الشمس استخدمت المزدوجات الحرارية ، وهى تتكون من قطعتين من معدنين مختلفين ، قد يكونان من الزنك والأنتيموان ، مع كميات متناهية فى الصغر لا تزيد على بضعة أجزاء فى المليون من القصدير أو البزموت أو الفضة . وتحنى كل من القطعتين على هيئة نصف دائرة . فبتسخين الطرفين المتجاورين الملتحمين يتولد تيار كهربى . وقد أجرى « سيبيك » منذ أكثر من مائة وأربعين عاماً تجارب على أكاسيد المعادن والسبائك المختلفة ، وفى الأعوام القليلة الماضية ازداد اهتمام العلماء من أمثال « ماريا تلكس » الأمريكية و « يودى » الروسى بإجراء التجارب على سبائك ومعادن ومساحيق تضغط لتصبح أسطوانات ، وبذلك كشفوا عن خصائص جديدة زادت من كفاية المزدوجات الحرارية ،

فبعد أن كانت لا تزيد على واحد فى المائة ، أصبحت تزوح الآن بين عشرة و ١٥٪ .

ولنعد إلى قصة المزدوجات الحرارية من أولها :

لقد لاحظ « سيبيك » عام ١٨٢١ أن إبرة الجلفانومتر التى تنحرف عند مرور تيار كهربى فى مزدوج مكون من سلكين مختلفين ، تتأثر عند تسخين أحد أجزاء السلكين .

وكان بعض أنواع تلك الأسلاك التى أجرى عليها تجاربه من أشباه الموصلات، وكانت —لحسن حظ العالم— قد عرفت كيفية استخدامها فى الأجهزة الكهرحرارية للحصول على القوى الكهربية .

ولكن « سيبيك » لم ينتبه لهذه الظاهرة الخطيرة ، فمرت أعوام كثيرة قبل أن يكشف « پيلتييه » — صانع الساعات الفرنسى — عن الظاهرة التى عرفت فيما بعد باسمه ، وهى أننا إذا أمررنا تياراً كهربياً فى سلكين مختلفين متصلين ، فإن درجة حرارتهما ترتفع . ولم يفقه « پيلتييه » المعنى الحقيقى لكشفه وما يمكن أن يترتب عليه من نتائج عملية ، إلى أن جاء « لينز » الأستاذ بجامعة « بيترسبرج » ومرر تياراً كهربيا فى سلكين متصلين . ووضع قطرات من الماء عند نقطة اتصال هذين السلكين . فعند مرور التيار الكهربى فى أحد الاتجاهين كانت قطرات الماء تتجمد وتصبح بلورات من الجليد ، فإذا عكس اتجاه التيار ذاب الجليد وعادت قطرات الماء إلى الظهور ثانية

وبهذه التجربة العلمية الرائعة استطاع العالم الروسي « لينز » أن يعرف كيف يحصل من تيار كهربى على الحرارة أو البرودة بتغيير اتجاه التيار .

ونجح فريق آخر من العلماء فى الحصول على القوى الكهربية بالطرق الكهر مغناطيسية . وفى عام ١٩٢٦ كشف « لارس جروندا هل » عن أشباه الموصلات .

والمواد التى فى الكون إما مواد عازلة تماماً لا تنقل الحرارة أو الكهربا ، وإما مواد موصلة للكهربا والحرارة ، وإما مواد بين هذين النوعين ، وتسمى أشباه الموصلات .

وأجرى « جروندا هل » تجاربه على ألواح من أكسيد النحاس ، فوجد أن التيار الكهربى يسرى فى اتجاه واحد ، ويلقى مقاومة فى الاتجاه المضاد . ثم عرف بعد ذلك أن تعريض اللوح لضوء الشمس أو لحرارتها يولد تياراً كهربياً . وكان هذا الحدث بداية اهتمام العلماء بتأثير حرارة الشمس وضوئها على أشباه الموصلات ، وأخذوا يفتشون عن أنواعها المختلفة والكشف عما تمتاز به عن الأجسام الموصلة من خواص .

ففى الألواح والأسلاك المصنوعة من المعادن الموصلة يتحرر من كل ذرة من المعدن ألكترون واحد على الأقل يسرى فى خلاله ، فى حين لا نجد فى أشباه الموصلات سوى عدد قليل جداً من الذرات التى تحرر واحداً أو أكثر من ألكتروناتها .

وبذلك يكون عدد الألكترونات التي تتحرر فى الجسم الموصل ضعف الألكترونات التي تحررها أشباه الموصلات مئات المرات ، بل ألوفها . ومن المعروف أن الحرارة تنتقل من الطرف الساخن متجهة نحو الطرف البارد ، ومن المعروف كذلك أن الألكترونات هي شحنات من الكهربا السالبة ، فإذا سخن أحد طرفى اللوح أو السلك شبه الموصل ، فإن الطرف الموجب للسلك ( الطرف البارد ) يجذب الكهربا السالبة ، ولا يلبث أن يصبح سالباً ، فيمتنع وصول الألكترونات إليه ، بل إنه يطردها بعيداً عنه . إذ من البدهى أن الشحنات ذات النوع الواحد — وهى هنا السالبة — تتنافر ، وبذلك يقف تيار الألكترونات المتدفق من الطرف الساخن ، وتتراكم الألكترونات الحائرة حول السلكين أو القضيبين . فإذا وضعنا سلكاً معدنيا عند طرفى السلكين المفتوحين سرى فيه تيار كهربى تزداد شدته بزيادة الفرق بين درجتى حرارة الطرف الساخن والطرف البارد .

وقد استطاع الباحثون أن يجعلوا هذا الفرق يصل إلى مئات الدرجات بتركيز حرارة الطرفين الساخنين بمرايا مقعرة أو عدسات أو بواسطة الصندوق المغطى بعدد من الألواح الزجاجية ، كما رأينا فى حالات التدفئة وتسخين الماء . أما الطرف البارد فيمكن كذلك خفض درجة حرارته بمراوح كهربية ، أو بتيارات من الهواء ، أو الماء البارد .

ثم كشف العلماء عن وسيلة أخرى يمكن بها تحسين خواص أشباه الموصلات لتوليد شحنات أكبر من الكهربا ، وذلك بما يسمى بالفجوات داخل الأجسام شبه الموصلة .

والمزدوج الحرارى يتكون من لوحين متلاصقين من أشباه الموصلات ذات الفجوات ، يطلق على أحدهما النوع (N) والثانى (P) ، وفى كل من هذين النوعين تتجه الألكترونات إلى الطرف السالب .

أما شدة التيار الذى تنتجه المزدوجات الحرارية فلا تزيد على عشرات من الوات ، وهو قدر تافه لا يصلح للصناعة أو فى المدن . ولكن فى استطاعتنا أن نجمع المئات من هذه المزدوجات لتحويل حرارة الشمس إلى كهربا تستخدم فى الريف ويكون لها أعظم الفائدة ؛ وتقوم عليها حركة التعمير فى الصحارى ، ورفع مستوى المعيشة فى الريف . فالكهربا فى القرية سوف تمد الفلاح بكل ما يحتاج إليه من إضاءة المساكن والشوارع وانتشار أجهزة الإذاعة والتليفزيون ، وبها يتحقق التصنيع الريفى ؛ وهذه أشياء تعيد إلى الفلاح ثقته بنفسه ، وأمله فى مستقبله ، وتحبب إليه قريته وأرضه ، وتجعله لا يحس فارقاً كبيراً بين الحياة فى المدينة والقرية ، فلا يهجر قريته ويهاجر إلى المدن .

ولقد أتيحت لى فرصة — فى أثناء دراستى بسويسرا خلال الحرب العالمية الماضية — أن أقضى إحدى إجازات الضيف فى قرية جميلة هادئة ، وكانت الأيدى العاملة قليلة ، فكنت

أشارك القرويين فى أعمال الحرث والحصاد وتغذية حيوانات المزرعة ودجاجها وأرانبها ، وفى تجميع العسل والعناية بالنحل ، وجمع البيض وصنع القشدة والزبدة واللحوم المجففة ونقلها إلى الجمعية التعاونية فى المدينة القريبة .

المنزل تضيئه الكهربا المتوافرة فى سويسرا لكثرة مساقط مياهها ، وبه جهاز للإذاعة ، وغرفة صحية نظيفة . حياة بهيجة تدعو إلى العمل والنشاط . كنت أحلم أن أرى فى يوم قريب بيوت فلاحينا وقراهم مثل هذه القرى وتلك البيوت السويسرية .

ولقد تحقق جزء كبير من الحلم بفضل اشتراكيتنا الجديدة التى غيرت ، وسوف تغير ، الكثير من معالم القرية وحياة ساكنيها . وسيكون للطاقات البسيطة الرخيصة من طاقة الشمس ومن كهربا السد العالى ما يغطى حاجات ريفنا ، وحاجة ملايين الأفدنة المستصلحة والقرى الجديدة التى سوف تلعب دوراً هاماً فى تحقيق أعظم ثورة اجتماعية عرفها التاريخ .

وتصنع الآن فى الولايات المتحدة مزدوجات حرارية تولد طاقات كهربية تروح بين خمسين ومائة وات للإضاءة وللتسخين والتبريد وللطهى فى أفران كهرحرارية .

وقد عرضت شركة « وستنجهاوس » بعض الأجهزة التى تقوم فى وقت واحد بالتدفئة والتبريد والإضاءة .

كما تستخدم أجهزة كهرحرارية أخرى تتكون من اثنين وثلاثين مزدوجاً حرارياً أو أكثر لإدارة آلات رفع الماء لرى

الأراضى ، وسد حاجات آلاف الأشخاص ، وآلات أخرى لبعض الصناعات الريفية .

وعثر بعض الباحثين على طريقة رخيصة لصنع أشباه الموصلات من مواد بسيطة موجودة فى الطبيعة بكثرة ، وهى المواد الفخارية التى تصنع منها الحراريات وتحتمل درجات حرارة عالية .

وتعتبر العوامل المساعدة المستعملة كثيراً فى الصناعات الكيماوية أشباه موصلات . ويرجو العلماء — بدراساتهم للدور الذى تقوم به أشباه هذه الموصلات — أن يصلوا إلى نتائج علمية غاية فى الأهمية لمستقبل الصناعة .

وفى طشقند السوفيتية أنشئت أول محطة تجريبية للحصول على الكهربا الحرارية من مزدوجات ركزت عليها أشعة الشمس بواسطة مرايا مقعرة قطرها متران ، فرفعت درجة حرارة الأطراف الساخنة للمزدوجات الحرارية إلى ٣٥٠٠° م . وقد وضعت هذه المزدوجات بعضها إلى جانب بعض على التوالى على هيئة بطارية شمسية .

# ثلاجات من الكهربا الحرارية

تعمل هذه الثلاجات بطريقة غاية فى البساطة ، هى أن نعكس اتجاه التيار الكهربى فى المزدوجات الحرارية تبعاً لنظرية « بيلتييه » . فتنقل الحرارة من الطرف البارد للمزدوجات الحرارية إلى الطرف الساخن . وتتوقف درجة التبريد على نوع أشباه الموصلات وشدة الحرارة الشمسية الساقطة عليها .

والثلاجات الكهرحرارية فى طريقها إلى الانتشار . وتمتاز عن الثلاجات العادية ببساطتها البالغة ، فلا حاجة إلى أجهزة معقدة ، ولا سوائل مبردة . ولا تقل كفايتها عن الثلاجات الكهربية الصغيرة . وفضلاعن ذلك فإن تكاليف صنعها قليلة .

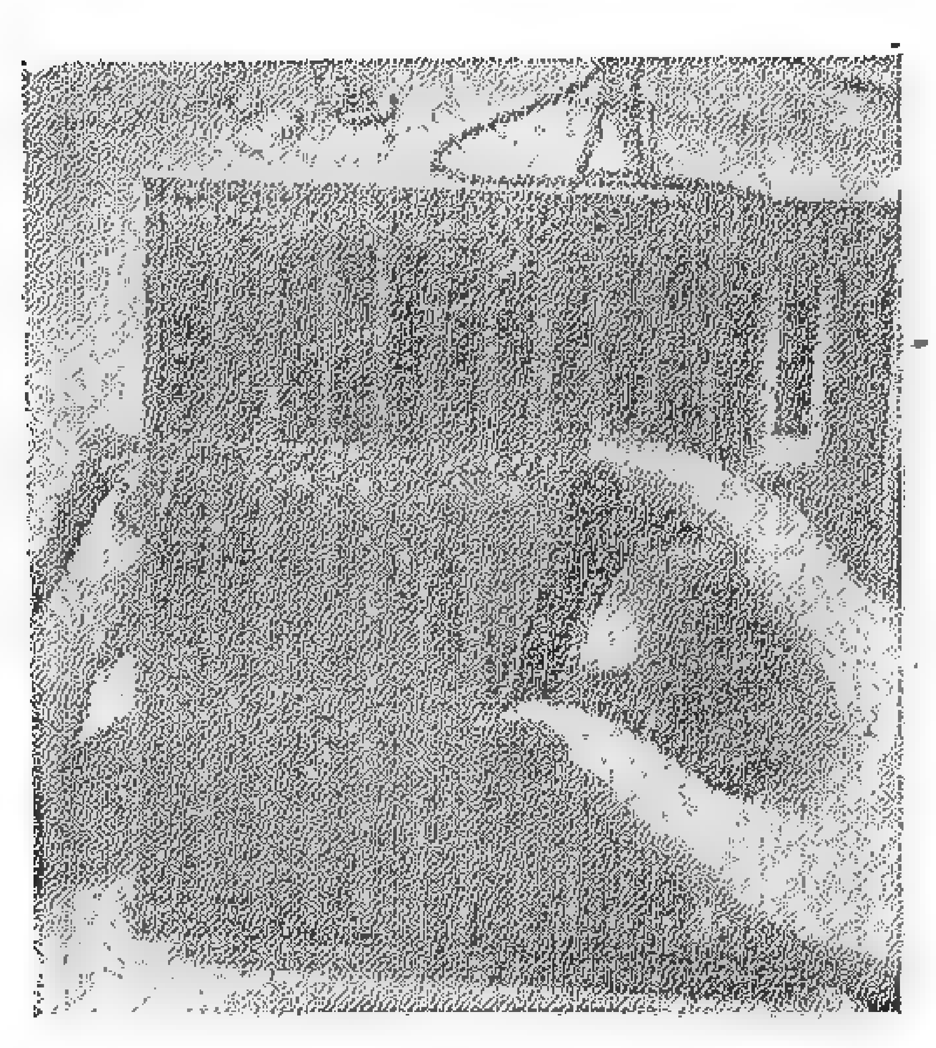
وفى الاستطاعة الجمع بين الفرن والثلاجة فى جهاز واحد يعمل بالمزدوجات الحرارية ؛ ويكفى هنا وجود جهاز صغير محول للتيار . فى اتجاه يعمل الفرن للتسخين والطهى وغلى الماء أو تقطيره ، وفى الاتجاه المضاد يعمل الجزء الخاص بالثلاجة لتبريد الماء وحفظ الأطعمة . كما يمكن استخدامه أيضاً لتكييف الهواء على صورة مضخة حرارية ، فيمتص الحرارة من الماء وينقلها لتدفئة المنزل ، فإذا عكسنا اتجاه التيار لطف جوه وعمل على تبريده .

إن طريقة التبريد بالثلاجات التى تعمل بالحرارة الشمسية ما زالت فى أعوامها الأولى ، وسوف ينتشر استعمالها سريعاً لما تمتاز به من مزايا اقتصادية للغاية .

## البطاريات الألكترونية

تحول البطارية الشمسية ( الألكترونية ) ضوء الشمس إلى تيار كهربى . والبطارية هى عدد من الخلايا الألكترونية المسماة بالعيون السحرية ، كانت تصنع من السيلينيوم أو غيره من المعادن القلوية . ولكن تيارها ضعيف جداً إذ لا تحول أكثر من نصف فى المائة من ضوء الشمس الساقط عليها .

وفى عام ١٩٥٤ أتمت شركة « بل » (Bell) صنع بطارية شمسية تحتوى على ٤٣٢ خلية تزيد كفايتها على عشرين ضعفاً لتلك البطاريات ؛ فيتحول الضوء الساقط على المتر المربع من البطاريات الشمسية إلى ما مقداره ١٠٧ وات ؛ وتتكون الخلايا من بلورات السيليسيوم النقية المحتوية على كميات



بطارية شمسية

متناهية الصغر من البورر والزرنيخ. واستغلت شركة « بل » بطارياتها للحصول على ما تحتاج إليه من طاقة كهربية للخطوط التليفونية، فكانت تركبها فوق الأعمدة الحاملة لأسلاك التليفون بطريقة يصل إليها أكبر قدر من ضوء الشمس خلال أطول مدة من النهار.

وعرضت إحدى شركات السيارات فى شيكاغو منذ أعوام قليلة سيارة صغيرة تدير محركاتها بطارية مكونة من ثماني خلايا كهرضوئية، تحول الضوء إلى تيار كهربى.

وفى الأقمار الصناعية التى تدور حول الأرض أو ترسل إلى القمر والكواكب الأخرى، توضع أجهزة لاسلكية تستمد ما تحتاج إليه من تيار كهربى ضعيف من بطاريات شمسية، وترسل إلى الأرض بانتظام معلومات غاية فى الأهمية عن الفضاء الخارجى.

وقام الدكتور صبرى أبو حسين بإضاءة معامل حجرات كلية هندسة القاهرة بهذه البطاريات الكهرضوئية.

وتتوالى التحسينات التى تدخلها معامل الأبحاث، فبعد أن كانت كفاية البطاريات لا تتعدى ١٪ منذ عشرة أعوام، أصبحت ١٥٪، مما يجعلنا نتوقع استخدامها فى الريف خلال أعوام قليلة للإضاءة وإدارة الآلات الصغيرة بعد أن عثر الباحثون على أشباه موصلات يمكن الحصول عليها بوفرة، ولا تحتاج إلى عناء فى تنقيتها، كما فى السيلسيوم والجرمانيوم

ويبدو لأول وهلة أن السيلسيوم ، ومركبه الكيماوى أكسيد السيلسيوم ، سيكون أرخص وسائل الحصول على طاقة كهربية من أشعة الشمس ، فهو يستخرج من الرمل ، والرمل — يملأ صحارينا الواسعة ، والشمس تغمرها بضيائها ، فلا يكاد الحصول على هذه الطاقة يكلف شيئاً ... غير أن مادة السيلسيوم المستخرجة من الرمل تحتاج إلى عمليات شاقة للوصول بها إلى نقاء يكاد يكون تاماً ، بحيث لا تزيد الشوائب فى طن السيلسيوم عن مليجرام واحد . ويجدّ الباحثون لتخفيض نفقات التنقية ولو أدى ذلك إلى كفاية أقل . وقد خرج الكيمياثيون من المعركة بانتصارات جديرة بالإعجاب ، إذ حولوا بعض اللدائن إلى أشباه موصلات بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية . ثم أعدوا عشرات من المركبات الكيميائية التى سوف تأخذ مكان خلايا السليكون والجرمانيوم فى البطاريات الألكترونية ، كالألومنيوم والجاليوم والأنديوم والماس والجرافيت والقصدير والفوسفور والزرنيخ والأنتيمون وكبريتيد الثاليوم وكبريتيد الكادميوم .

وهناك بطاريات سائلة موضوعة فى صناديق من الزجاج أو المواد الشفافة التى ينفذ منها ضوء الشمس . وأحد قطبى البطارية معرض للضوء ، أما القطب الثانى فيوضع أسفل البطارية بعيداً عن النور ، وبذلك يسرى التيار .

## الطاقة الكيموية من ضوء الشمس

من الطاقات التى ينتظر استخدامها على نطاق واسع ، وفى وقت قريب : الكيمياء الضوئية ، أى بتأثير ضوء الشمس ، وأحياناً بتأثير الضوء الصناعى على سائل أو مادة كيماوية تتحلل إلى عناصر أخرى . وفى الوقت نفسه تختزن قدراً من الطاقة يمكن استخدامه عند الحاجة .

والطاقة الناتجة من التأثير الكيمياضوئى ، والتى تختزن أثناء النهار ، يمكن من الناحية النظرية الحصول عليها كلها بالليل عند ما تنعكس العملية الكيموية ، كما يحدث فى التمثيل اليخضورى فى النباتات .

ويعتبر تحليل الماء إلى عنصريه — بواسطة ضوء الشمس من أهم الطرق التى يرجى نجاحها العملى والإفادة منها ؛ وإن كانت لا تزال فى دور التجارب المعملية .

ويقوم العالم الكبير « هيلدت » بتجاربه المثيرة فى هذا المضمار لتحليل الماء إلى عنصرى الإيدروجين والأكسجين بتأثير الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس . وقد يوضع فى الماء حامض البركلوريك وملح السيريوم (Cérium) كعامل مساعد لتنشيط العملية الكيماوية ، وهى شبيهة بما يحدث فى النبات الأخضر بوجود الكلوروفيل ؛ فتتكون بركلورات السيريك والسيروز .

والسيريوم هو أحد العناصر الأرضية النادرة ، ويوجد مختلطاً بمادة الثوريوم المشعة فى خام المونازيت الموجود عندنا بالقرب من رشيد فى الرمال السوداء . ويستعمل السيريوم بعد خلطه بالحديد لعمل الجزء الذى يشعل النار فى القادحات .

وتعتبر عملية تحليل الماء إلى الإيدروچين والأكسجين من أخطر العمليات ، فإن امتزاجهما ثانية ليعودا ماء يصحبه انفجار شديد ، وطاقة حرارية هائلة ، يحاول العلماء اليوم ، العثور على طريقة عملية آمنة لاستغلالها فى إدارة آلات المصانع بواسطة الآلات البخارية أو آلات الاحتراق الداخلى التى يمكن تصميمها من أجل إتمام عملية اتحاد الإيدروچين والأكسجين .

وقد أعلن العالم السوفييتى « سيمينوف » منذ أشهر قليلة أن الطاقة الكيموية من الشمس أقوى من الطاقة الذرية . وعند ما يعرف الإنسان كيف يحول أشعة الشمس إلى طاقة كيماوية فإن العالم سينتج من الطاقة ما يكفى جميع سكانه مهما كان عددهم . كما يمكن أكسدة الماء ، أى تحويله إلى ماء أوكسجين ، وذلك بوجود عامل مساعد مثل أكسيد الزنك الذى يعمل على زيادة امتصاص ضوء الشمس . ويمكن تنشيط هذه العملية بإضافة صبغات ملونة .

وقد وجد الدكتور « رابينوفتش » عالم النبات فى مؤسسة « كابوت » أن بعض هذه الصبغات مثل الثيونين الأرجوانية اللون ، وأزرق المثيل ، تحول كبريتات الحديدوز إلى

كبريتات الحديديك . فإذا كان أحد القطبين معرضاً لضوء الشمس ، والآخر موضوعاً فى الظلام ، فإن تياراً كهربيًّا يمر فى السائل ويتأكسد ملح الحديدوز إلى حديديك ، ويمكن جمع هذا التيار فى سلك خارجى واختزانه فى بطاريات أو استعماله على الفور .

وعمليات الأكسدة والاختزال إن هى إلا عملية نقل الألكترونات من جزيئات إلى أخرى ؛ فالجزيئات التى تخرج منها الألكترونات يقال إنها تأكسدت ، والتى تضاف إليها هذه الألكترونات هى المختزلة . فإذا استطعنا جمع الألكترونات بعد تحررها مباشرة فى عملية الأكسدة ، ونقلها بواسطة سلك كهربى قبل أن تعود ثانية إلى الجزيئات فى عملية الاختزال ، فإننا نحصل على تيار كهربى .

وقد تختزن الطاقة الضوئية فى البلورات ، وتتحرر منها الطاقة بعد ذلك بتسخينها .

وهناك أيضاً طريقة زيادة الحساسية ، وهى تشبه عملية التصوير بإضافة مستحلب بروموز الفضة للمحلول ، فيزيد من نشاط عملية الأكسدة والاختزال الكيموى .

كما يمكن أكسدة الأكسجين ، فتتحول ثلاث جزيئات من الأكسجين إلى جزيئين من الأوزون . كما يحدث فى طبقات الجو العليا .

وعملية التكسير فى الغازات الهيدروكربونية شبيهة بما يحدث

للبترول بتأثير الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس . ومن منتجات هذه العملية الإيدروجين ومواد عضوية ، مع اختزان قدر هائل من الطاقة الضوئية .

إن هناك طرقاً أخرى كثيرة ومواد كيموية عضوية وغير عضوية يمكن تحليلها إلى العناصر المركبة منها واستخدام بعضها على صورة غازات كقوة محركة . ولكن هناك عقبة لم يصل العلم بعد إلى التغلب عليها نهائيًا ، هي كيفية الاحتفاظ بمثل هذه الغازات فى صورتها الحرة ، دون أن تعود فى الطريق العكسى إلى الاتحاد بمركباتها الأصلية ، فهى عمليات كيموية غير ثابتة ، بل تحدث فى الاتجاهين العكسيين الواحدة بعد الأخرى مباشرة .

ومن الحلول التى وصلوا بها إلى نتائج أولية مرضية « بطاريات الاختزان الضوئية » ، وتسمى « خلايا فولت الضوئية » ، وهى تلك التى يوضع أحد قطبيها معرضاً لضوء الشمس ، والقطب الثانى فى الظلام . وتجرى تجارب أخرى على البطاريات الجلفانية »للحصول أولا بأول على التيار الكهربى فى سلك خارجى ، وبطاريات ثالثة أساسها صبغة الثيونين الأرجوانية .

# التمثيل الضوئى

هناك عملية كيمياضوئية تقوم بها الطبيعة على نطاق واسع لاختزان الطاقة الشمسية . وكثيراً ما حاول العلماء خلال عشرات الأعوام الماضية العثور على طريقة يمكن بها الحصول على ثانى أكسيد الكربون من الهواء بطريقة اقتصادية سهلة وتقليد العملية التى يقوم بها النبات لتركيب مواد كربوهيدراتية مقعدة ، مثل السكر والنشويات ، وقد نجحوا إلى حد ما فى الكشف بالنظائر المشعة، وأهمها « الكربون — ١٤ »،عن كثير من أسرار هذه العملية البيولوجية التى تجرى فى أوراق النبات ؛ وتوصلوا كذلك منذ أعوام إلى تركيب المادة الحية فى المعمل من مواد وعناصر بسيطة ، ولكنهم ما زالوا فى أول الطريق .

وقديماً كانوا يعتقدون أن النبات يستمد جميع ما يحتاج إليه من ماء وغذاء من الأرض، حتى جاء العالم « فان هلمونت » وأثبت بتجارب دقيقة أن وزن إحدى الأشجار قد زاد ١٦٧ رطلا فى حين لم تفقد التربة التى زرعت فيها سوى رطلين فقط ، واستنتج أن هذه الزيادة جاءت من مياه الأمطار .

ثم مرّ قرن من الزمان ، وإذا بالعالم الإيطالى « مالفيجى » ينزع أوراق بعض النباتات فتموت نتيجة لذلك ، وحينئذ أدرك ما للأوراق من أهمية لحياة النبات ، وعرف أنها مخزن

تختزن فيه ما تحصل عليه من أغذية بواسطة جذورها . وفى ذلك الوقت نفسه وضع العالم السويسرى « بونيه » جزءاً من كرمة عنب فى مكان يصل إليه ضوء الشمس الساطع ، فتصاعدت من حولها فقاقيع غاز ، ثم اكتشف « بريستلى » أن هذا الغاز المتصاعد هو الأكسجين ، وأن هذه العملية لا تحدث إلا فى ضوء الشمس . وجاء « أنجن هاوس » الهولندى ليعلن حقيقة رائعة هى أن النبات يمتص الأكسجين أثناء الليل ، ويطرد ثانى أكسيد الكربون ؛ وفى النهار يمتص ثانى أكسيد الكربون . ويخرج الأكسجين فى ضوء الشمس بواسطة الأوراق الخضراء . واكتشف صيدليان من باريس : « بيلتييه » و « كافنتو » أن المادة الخضراء الموجودة فى الأوراق هى الكلوروفيل ، ونجحا فى عزلها وتحضيرها نقية .

والكلوروفيل جسيمات صغيرة خضراء توجد فى خلايا السيتوبلازم فى الأوراق .

وقد عكف الكيمويون على دراسة تركيب الكلوروفيل ، فعرفوا العلاقة التى تربطه بهيموجلوبين الدم ، فتركيبهما الكيموى يكاد يكون واحداً ، وما بينهما من فرق لا يعدو أن جزيئات مادة الكلوروفيل يتوسطها عنصر المغنسيوم على حين يتوسط مادة الهيموجلوبين عنصر الحديد ، وأن لا سبيل إلى تكون هيموجلوبين الدم فى الجسم إلا بتغذيته بنباتات خضراء تمده بالكلوروفيل الذى تتفاعل عناصره مع الدم لتحضير الهيموجلوبين .

وكان « ليبيج» الكيماوى الألمانى أول من أعلن تكوّن المواد العضوية فى أوراق النباتات بطريقة كيماوية تدريجية من ثانى أكسيد الكربون ، فإن أحماض الطرطريك والماليك والسولسينيك التى عثر عليها فى أوراق النبات بالتحليل ، إن هى إلا بعض خطوات التركيب العضوى للسكر من ثانى أكسيد الكربون . وجاء من بعده العالم « باير » الذى كشف عن حامض النمليك فى أواق النبات وغيره ، حتى كانت الخطوات الحاسمة بعد استعمال النظير المشع للكربون .

ويسير العلماء بخطى الجبابرة فى هذا الطريق الجديد لتقليد الطبيعة فى تركيب المواد الغذائية التى تقوم بها فى مصنعها العجيب داخل الأوراق ، فتنشىء الدول مصانع لتحضير المواد الغذائية بكميات هائلة وبنفقات قليلة ، فهى لن تحتاج إلى أكثر من الماء وثانى أكسيد الكربون وعامل مساعد كاليخضور « الكلوروفيل » وضوء الشمس .

وإلى أن نحقق هذا الحلم ، علينا أن نفيد من ضوء الشمس فى زراعة النباتات واستخدام أخشابها وثمارها كوقود . فقد اخترع العالم « ريكاردو » آلة ، واستخدم أخشاب شجر الإيكالبتوس الضخمة وقوداً لها ، فنجحت نجاحاً عظيماً . فبزراعة أربعة أفدنة بأشجار الإيكاليتوس يمكن الحصول باستمرار على طاقة سنوية قدرها ألف كيلو وات .

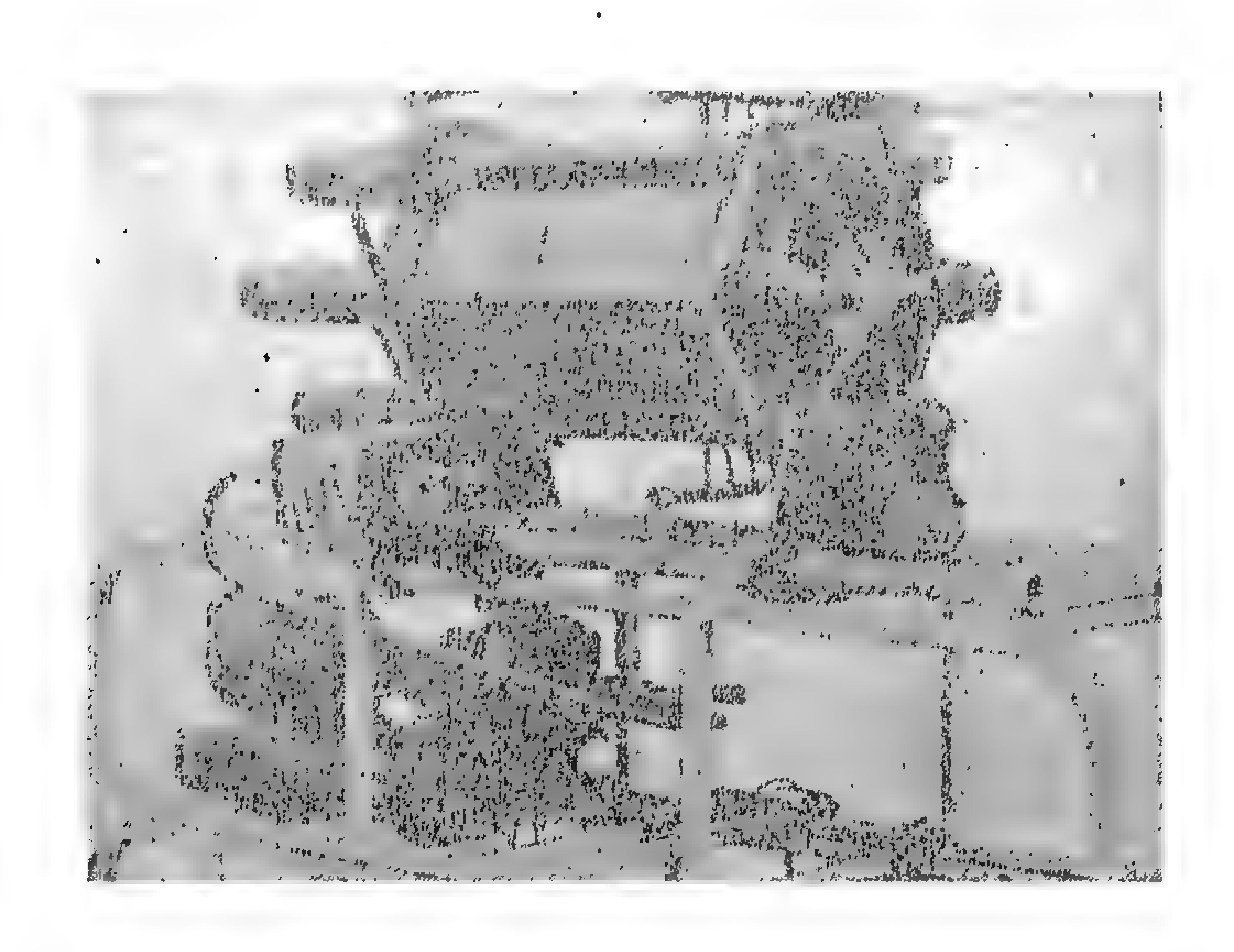
وفى الحرب العالمية الأخيرة كان العالم فى أشد الحاجة إلى

طاقة محركة لآلات المصانع والبواخر والسيارات ، بدلا من الفحم والبترول الذى امتنع عن بعض البلاد المحاربة . وقد اتجه الباحثون إلى مخلفات المزارع ، وإلى زراعة نباتات يحصلون منها على كحول صناعى فالبطاطس وغيره من النشويات ، وقصب السكر والبنجر والعنب ، والحبوب وفول الصويا والفول السودانى ، يمكن ببعض عمليات التخمير والتقطير الحصول على كحول يحول إلى وقود آلات تجرى دراستها الآن فى معاهد كثيرة ، ويتوقعون استخدامها قريباً فى إدارة الآلات . فإن الطريقة المعروفة باسم « فيشر — تروبش » تعد خطوة كبيرة إلى الأمام وإن كانت لا تزال غير اقتصادية ، وفيها تسخن المواد النباتية مع بخار الماء للحصول على غازى الإيدروجين وأول أكسيد الكربون . وبضغط هذين الغازين معاً — بوجود عامل مساعد يحتوى على الحديد والكوبالت — يتحولان إلى مواد كحولية وهيدروكوبونات ، وهذه من أحسن أنواع الوقود لآلات الاحتراق الداخلى وإدارة آلات السيارات والمصانع ، ولكن عيبها أنها باهظة النفقات ، ولن تصبح عملية إلا بعد العثور على طرق أخرى تهبط بالتكاليف إلى حد كبير .

## خلايا الوقود

هذان الغازان ، وغيرهما من الغازات كالإيدروجين والأكسجين الناتجين من تحليل الماء ، يمكن تحويلها إلى

كهربا فى الأجهزة المسماة بخلايا الوقود ، وهى بطاريات كهركيماوية ، فتمرر الغازات على أقطاب من البلاتين المغمورة فى أحد المحاليل الحمضية أو القلوية . ويحدث فرق فى الجهد بين القطبين يولد تياراً كهربيًّا يمكن استخدامه فى إدارة الآلات . وهناك أيضاً بطاريات يمرر الأكسجين فوق أحد قطبيها وأكسيد الكربون أو غاز الميتان أو أى غاز عضوى على القطب الآخر .



خلية وقود

وقد عرض « كيلاتار » عام ١٩٥٣ فى « أمستردام » خلية من الوقود تعمل بمحلول فوسفات الصوديوم فى درجة ٦٠٠ م ، فيمرر الهواء المحتوى على الأكسجين من خلال ثقوب على أحد القطبين ، والغاز العضوى الآخر مثل أكسيد الكربون فوق القطب الثانى ، فيتولد تيار قدره ربع ڤولت فى السنتيمتر المربع ، وهى كفاية عظيمة للخلية تعادل ضعفى كفاية الآلات الحرارية الأخرى. ومن ميزات خلية « كيلاتار » توليد طاقة حرارية قدرها ثلاثون فى المائة تحفظ فوسفات الصوديوم فى حالة انصهار سائلة طوال عمل الخلية ، وذلك إلى جانب ٧٠٪ الذى يمثل الطاقة الكهربية المتولدة .

وأجريت تجارب أخرى فى كمبردج صنعت أقطابها من النيكل ، والمحلول المنصهر من البوتاسا الكاوية، ويمرّر فى الخلية غازا الإيدروجين والأكسجين تحت ضغط يبلغ ثلاثين ضعفاً للضغط الجوى .

وتعمل خلية الوقود بطريقة عكس التمثيل الضوئى تماماً ، ففى التمثيل الضوئى الكلوروفيلى تتكون المواد الكربوهيدراتية التى تصل فى نهاية العمليات الكيماوية المعقدة إلى مواد سكرية ونشوية .

فإذا وضعنا إحدى المواد السكرية أو النشوية فى خلية للوقود نحصل على ما اختزنته هذه المادة من طاقة فى صورة

كهربية . وتجرى عملية الأكسدة فى وسط قلوى ( بمحلول البوتاسا الكاوية ) ، وهى عملية تحليلية أى العودة إلى الوراء ، فمن سكر إلى فورمالدهيد ، إلى حمض النمليك ، مضافاً إليها الطاقة الكهربية ، فإذا وضعنا فى الخلية عاملاً مساعداً ملائماً نصل بعملية الأكسدة إلى ثانى أكسيد الكربون وماء ، وفى الوقت نفسه نحصل على ما اختزنه من طاقة .

وخلية الوقود التى تعمل بالطاقة الشمسية تحلل الماء إلى أكسجين وإيدروجين خلال النهار ، وتدار بالقوة الكهربية الناتجة فى الخلية آلات السيارات والمصانع ؛ وعندما يأتى الليل تستعمل الكميات المختزنة من كل من الغازين لتحريك الآلات .

ويتنبأ بعض العلماء بأن خلايا الوقود سوف تعمل جنباً إلى جنب مع المحركات الذرية فى عالم المستقبل ، لما ينتظر من إدخال تحسينات فنية واقتصادية على صناعتها .

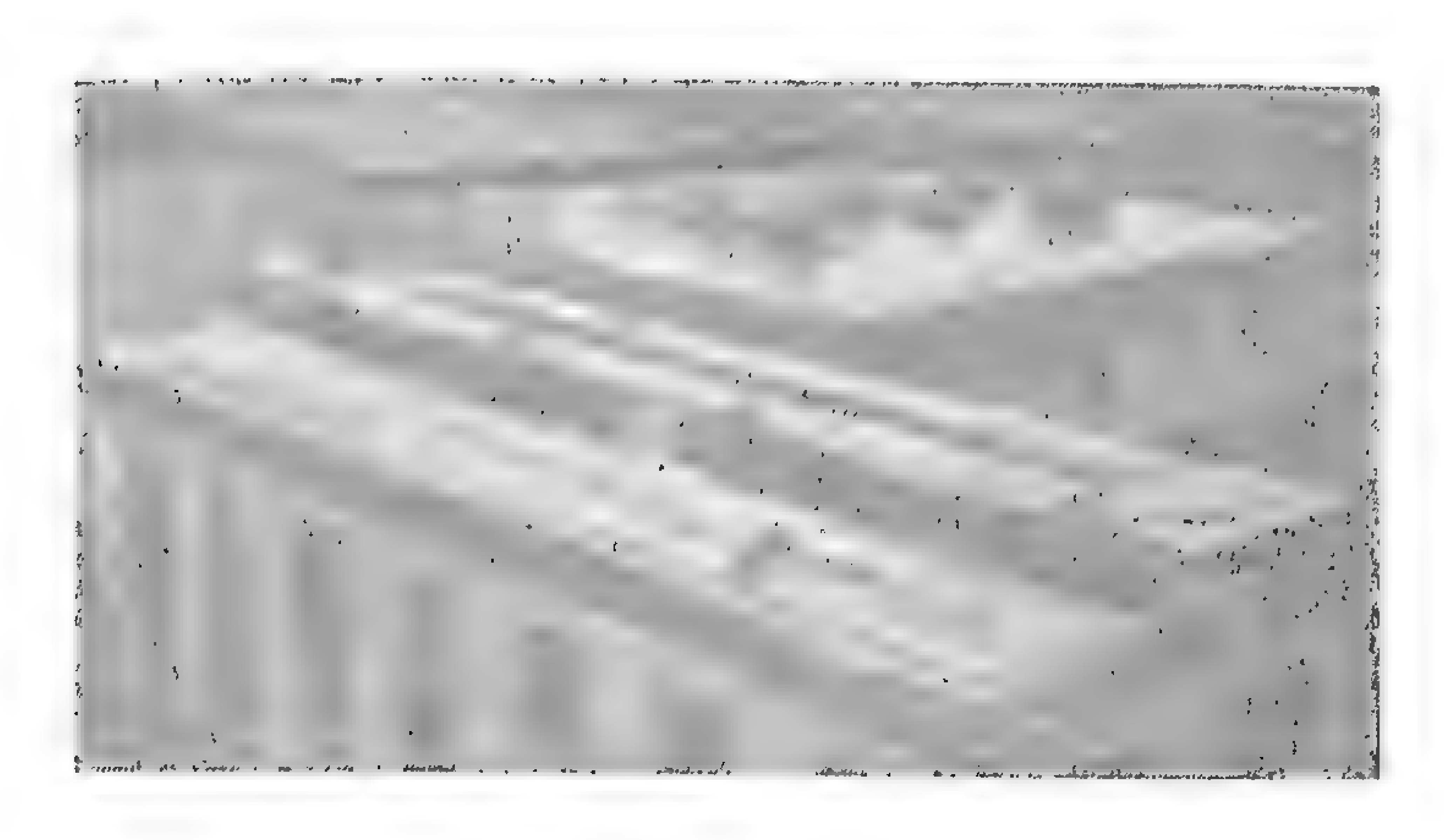
# الطحالب مصدر غذاء وطاقة

وجه الكثيرون عنايتهم فى الأعوام القلائل الماضية لدراسة الطحالب المختلفة ، وخاصة الطحلب الأحادى الخلية الأخضر اللون « الكلوريلا » ؛ لأنها غنية بالفيتامينات والمواد البروتينية والنشوية والدهنية والمواد ذات الفوائد الصناعية . ويمكن التوسع فى زراعتها فى الأراضى الصحراوية ، إذ لا تحتاج إلى أكثر من أحواض مغطاة بزجاج تمر منه أشعة الشمس .

وتجرى التجارب المعملية فعلا فى أنحاء كثيرة من العالم ، ومن بينها وطننا العربى . وتعتبر « الكلوريلا » من أغنى الطحالب بالبروتينات ، فهى تحتوى على أكثر من خمسين فى المائة من البروتينات ، وخمسة وثلاثين فى المائة من المواد السكرية والنشوية ، وخمسة فى المائة من الدهن وعدد من الفيتامينات الهامة والمعادن ، كما يمكن زيادة كمية البروتينات بإمرار تيار من ثانى أكسيد الكربون فى المحلول المغذى لطحلب الكلوريلا .

وتتكون هذه المواد فى الطحالب بواسطة الطاقة الشمسية بعملية التمثيل الضوئى ، كالنباتات الكثيرة الخلايا ، وهى لا تفيد من ضوء الشمس بأكثر من اثنين فى المائة ، ويضيع الباقى

هباء . وقد فكر العلماء فى زيادة كمية الطاقة التى يمكن أن يحولها الطحلب إلى غذاء وطاقة ، وتنشيط عملية تكاثرها .



منزل نموذجى لتربية الطحالب

وتجفف الطحالب لاستعمالها كوقود ، أو تخمر وتقطر كما فى النباتات الأخرى ، للحصول على كحول صناعى يمكن تحويله إلى وقود بنزينى محرك . وهو فى الوقت نفسه غذاء غنى ببروتيناته ودهونه ونشوياته ؛ ويصنع منه اليابانيون أغذية وحلوى شهية سوف يلجأ إليها العالم كمكمل غذائى عند ما يزداد عدد السكان ولا تعود تكفيهم تلك الكميات المتوافرة من الأغذية فى الأراضى المزروعة .

# طاقة من الرياح

لا بدّ لنا — فى هذا العصر الذى تطلعت فيه أبصارنا إلى ما وراء الأراضى المنزرعة فى وادى النيل باحثة منقبة عن أراض جديدة ، وثروات جديدة ، وطاقات جديدة ، — لا بدّ لنا أن نتعمق أكثر وأكثر ونطمع فى المزيد ، ولا نقف عند حد طاقات البترول والفحم ، ولا عند الطاقة من الشمس ، فإن هناك طاقتين لهما أهمية حيوية فى مستقبل البلاد ، وكلتاهما مستمدة من طاقة الشمس الزاخرة ؛ وبذلك نجد كل حاجتنا من الطاقة فى الأرض الطيبة لو عملنا على استغلالها بكل ما أوتينا من علم وقوة وحماسة . إنها الطاقة المائية التى تولد كميات ضخمة من الكهربا تسدّ حاجات البلاد للإضاءة والصناعة عندما يتم بناء السد العالى .

ثم طاقة الرياح ، وما هى إلا أحد مظاهر الطاقة الشمسية . فالشمس ترفع درجة حرارة طبقات الفضاء — وهى ليست على درجة واحدة فى كل الأماكن وفى الطبقات المختلفة الارتفاع ، بل تتحكم فى ذلك الزاوية التى تسقط بها الأشعة — وينتقل الهواء البارد ليحل محل الهواء الساخن ، وكذلك يرتفع الهواء الساخن إلى أعلى ليحل مكانه الهواء البارد .

هذه التحركات هى التى تسبب الريح فتختلف من

موضع إلى آخر ، ومن فصل إلى فصل ، وإن كان المتوسط فى أى شهر من العام يكاد يكون مماثلا للمتوسط فى الشهر نفسه من الأعوام الأخرى . كذلك يكاد يكون متوسط قوة الرياح خلال الأعوام ثابتاً إذا أخذنا متوسط عشرة أعوام متتالية مثلاً .

ويمكن مقارنة حركة الرياح بآلة حرارية ، الهواء هو وقودها ؛ وتتكون أجزاؤها المولدة للطاقة من سطح الأرض والطبقات العليا من الجو .

وطاقة الرياح طاقة هائلة يمكن الحصول منها على ملايين الكيلوات ، فتغنينا عن أضعاف ما يستهلك اليوم من منتجات البترول الوقودية والفحم . ولكن ذلك يحتاج إلى دراسات وقياسات ، فهى كطاقة محركة ما زالت فى دور الاختبار . وقد أنشئت محطات لتنفيذها عملياً . والنتائج تبشر بخير عميم .

وتقام على سواحل البحار وفى المناطق المكشوفة والأماكن المرتفعة فوق الجبال والهضاب أعمدة ترتفع أكثر من عشرين متراً ، وتوضع فوقها أجهزة قياس الريح « الأنيمومتر » . . . يمكن بعد دراسات تستغرق أعواماً طويلة، معرفة أحوالها المختلفة من سرعات وأوقات الهبوب واتجاهاتها وأحسن الطرق لاستغلالها استغلالا عملياً واقتصادياً .

لقد عرف المصريون القدماء طاقة الريح منذ نيف وأربعة

آلاف عام ، واستغلوها فى ضخ الماء لرى الأراضى ، وفى طحن الحبوب .

وفى خلال العصور المختلفة استخدمت الطواحين الهوائية فى أقطار كثيرة لهذه الأغراض نفسها ؛ ولا يزال بعضها موجوداً حتى الآن فى مناطق مختلفة فى الريف ، وفى ضواحى القاهرة والإسكندرية . وهذه الطواحين كانت تستعمل لطحن الغلال ، واستخراج الماء من الآبار الجوفية ، لرى الحدائق والمزارع الصغيرة . أما معظمها فقد اختفى نتيجة لاستخدام الآلات البخارية ثم الفحم والبنزين والديزل . وتناقص عدد السفن والقوارب التى كانت تدفع الريح شراعها بعد إدخال آلات الوقود والبخار بدلا عنها .

ولكن حاجة بعض الأقطار التى لا تملك خامات الفحم والبترول أو مساقط مائية دفعها إلى دراسة طاقة الرياح ، فعثرت على طاقة هائلة لا تنفد ... وكانت طواحين الهواء فى هولندا أكبر عون لها على تجفيف مناطق بأسرها من ماء البحر وتحويلها إلى أرض زراعية . وهناك بلاد أخرى جعلت منها عماد القوة لرى أراضيها من مياه الأنهار .

وكانت الدنمارك ــ وهى من الدول المفتقرة إلى الطاقة ــ من أوائل البلاد الحديثة التى عملت على استغلال الريح على نطاق واسع ، أكثر من سبعين عاماً . وكانت فى عام ١٩٠٠ تملك أكثر من ثلاثة وثلاثين ألفاً من طواحين الهواء على سواحلها وفى

الداخل ، تمدّها بطاقة لإدارة الآلات وإضاءة المنازل والبلاد الصغيرة بالكهربا بطاقة تربو على مئات الآلاف من الكيلووات .
ومنذ الحرب العالمية الماضية ازداد اهتمام الولايات المتحدة وروسيا وإنجلترا وألمانيا ومصر والهند وبلاد أخرى كثيرة بهذه القوى ، فأنشئت فى الولايات المتحدة خلال الحرب الماضية مراوح تروح طاقاتها بين ١٣٠ و ٤٥ كيلوات لحاجات المزارع الريفية النائية . ثم أجهزة صغيرة لا تزيد قدرتها على ثمانية أو عشرة كيلوات لحاجات المنازل من إضاءة ومياه جوفية للشرب والطهى وريّ المزارع المحيطة بها . وهذه الأخيرة صغيرة إلى حد لا يمكنها توليد الكهربا للإضاءة .

وفى الولايات المتحدة قدّر العلماء كمية الطاقة التى يمكن الحصول عليها من الرياح بثلاثين مليار كيلوات — ساعة فى السنة . وصنعوا أنواعاً مختلفة من الآلات الصغيرة والكبيرة يتكون بعضها من شبكة كبيرة من الأجهزة لتوليد ما تحتاج إليه مدينة أو مصنع من القوة للإضاءة أو إدارة الآلات . وبعضها الآخر صغير ورخيص جداً لاستعماله فى البيوت والمزارع الريفية .

وفى روسيا السوفييتية قدر العلماء كمية الطاقة التى يمكن الحصول عليها من الرياح التى تهب على بلادها الشاسعة بما يزيد على خمسة وثلاثين ملياراً من الكيلوات ساعة فى السنة .
وقام المهندسون الإخصائيون فى « المعهد المركزى لاستغلال

طاقة الريح» بالقرب من موسكو بإعداد مراوح مختلفة الأحجام كما أنشأ شبكات كاملة ، فى مناطق كثيرة الرياح ، لتوليد كميات من الكهربا تكفى لإضاءة مدن ومصانع كبيرة بأكملها .

وقد نجح العلماء فى كل من أمريكا وروسيا فى تصميم أجهزة تعمل فى كل الرياح ، سواء أكانت خفيفة أم قوية جداً تبلغ حد العواصف العنيفة ؛ كما أدخل عليها علماء آخرون الأجهزة الألكترونية لتقوم بعملها فى الأماكن البعيدة عن العمران .

واقترح عالمان روسيّان إقامة حواجز ترتفع نحو ٣٥٠ متراً تدور حول نفسها بالأجهزة الألكترونية ، فتتبع اتجاهات الرياح ؛ ويوضع على سطح الحاجز الهائل عدد كبير من العجلات التى تديرها الريح ، فتتولد كميات من الكهربا تبلغ الآلاف من الكليوات من الحاجز الواحد . ولا تزيد نفقات إنتاج الكليوات الواحد — حسب تقديرهم — عن ربع المليم .

وفى فرنسا صمم المهندس « أندريو » محركاً تسيره طاقة الرياح بطريقة فريدة فى نوعها وفكرتها . إذ أقام برج المروحة من معدن مفرغ من الداخل كما أن الأجنحة التى تدور مفرغة هى الأخرى من داخلها . فعند ما تديرها الريح يطرد الهواء الموجود داخل الأجنحة بالقوة المركزية الطاردة إلى الخارج ، عن طريق فتحات فى طرف الجناح المثبت عند وسط البرج ، فيدخل تيار جديد من الهواء بقوة هائلة تبلغ أضعاف قوة

الريح العادية إلى البرج المفرغ القائمة عليه الأجنحة ، فتدور بسرعة كبيرة جداً . ولكن « أندريو » مخترع تلك المروحة لم يلق فى بلاده فرنسا أذناً صاغية أو تشجيعاً ، فرحل إلى إنجلترا حيث أقام جهازه فى أحد معاهد بحوث طاقة الريح ، ونجح فى الحصول على طاقة قدرها مائة كيلوات من رياح سرعتها ٤٨ كيلومتراً فى الساعة .

وأقيم فى إنجلترا أيضاً معهد آخر للبحوث فى جزر « أوركنى » صممت فيه طاحونة لها ثلاثة أجنحة تدير محركات كهربية بواسطة تروس متشابكة . ويقدر علماء هذا المركز للبحوث أن فى استطاعة إنجلترا توليد نحو عشرة ملايين من الكيلوات ساعة فى السنة إذا أقامت مراوح هوائية على طول سواحلها .

فالقوة المحركة من تلك الطاقة العظيمة التى لا تنفد أبداً لا يستهان بها ، وإن كان عيبها الوحيد عدم انتظامها . ويمكن تلافى هذا العيب بعمل بطاريات لاختزان الطاقة لاستخدامها فى الأوقات التى لا تهب فيها الريح أو تكون فيها ضعيفة .

وفى مصر تقوم المصانع الحربية بصنع طواحين ذات قدرة متوسطة تروح بين ٢٥ كيلوات ومائة كيلوات ، وتنتشر الصغيرة منها الآن فى الصحراء وسينا وعلى شواطىء البحار لاستخراج المياه الجوفية واستصلاح الأراضى المجدبة . وسوف تقوم بصنع آلات أكبر حتى تفى بمطالب جماعات تسكن القرى على

السواحل والأماكن البعيدة عن العمران . ومن المستطاع صناعتها من مواد رخيصة متوفرة ، حتى تصبح فى متناول الجميع ، وتكفى حاجات الأسرة للإضاءة والزراعة . ويمكن فى المستقبل إنشاء شبكات كبيرة منها لتوليد كميات كبيرة من هذه الطاقة التى لا تكلف سوى الجهاز نفسه وما يحتاج إليه من صيانة . كما أن الآلات الصغيرة تروح قدرتها بين عشرة كيلوات وخمسين كيلوات ، ولكن يحصل منها على مئات وألوف الكيلوات فى العام .

فإذا عرفنا أن الكيلوات الواحد يقوم بعمل ثمانية من الرجال استطعنا أن ندرك ما لهذه الثروة الهائلة من طاقة تمنحنا إياها الرغبة الصادقة فى اقتحام ميادين جديدة لبناء مستقبل زاهر .

سوف يجد الفلاح والعامل فى عالم الغد طاقات رخيصة لإضاءة المنازل بكهربا لا تكاد تكلف أكثر من ثمن أدوات الجهاز . وربما يستطيع الواحد منهم بقليل من المعرفة والدراية أن يصنع هذا الجهاز بنفسه ، فيتحول بيته الصغير إلى جنة تمنحه الضوء الكهربى والراديو والثلاجة الصغيرة ، ويتاح له فى المزرعة طحن الحبوب وعصر الزيوت وتجفيف الخضر والفاكهة ، ورفع المياه من الترع والآبار للرى ، وإدارة الآلات الجديدة الصغيرة للحرث والحصاد ببطاريات تختزن الكهربا من إدارة المراوح الهوائية ، فتخفف من أعباء الحياة ، وترفع مستوى المعيشة إلى درجة لم يحلم بها أحد من قبل .

ويمكن الإفادة منها أيضاً فى الصناعة ، باستخدام الكهربا من الريح فى تحليل الماء إلى إيدروجين وأكسجين ، فيحفظ الإيدروجين لاستخدامه كوقود لإدارة الآلات . أما الأكسجين فكلنا نعرف فوائده الطبية والصناعية . كما أن الجمع بين الاثنين فى خلية الوقود قد يكون فى المستقبل القريب إحدى القوى المحركة الهامة التى يعتمد عليها فى إدارة الآلات وتسيير السيارات ، كما قد تستخدم الريح فى اختزان الهواء والإفادة منه كهواء مضغوط .

ومن الاقتراحات التى نادى بها « جولدنج » عالم الطاقات المحركة الطبيعية الجمع بين كل من طاقات الشمس والرياح والفضلات الزراعية بتحويلها إلى كحول ، لسد حاجات الأراضى الريفية والصحراوية البعيدة عن مراكز الكهربا من مساقط الماء والوقود . وهو اقتراح جدير بكل تفكير .

## مساقط المياه

تستخدم مشتقات البترول من بنزين وديزل وسولار لإدارة أنواع كثيرة من السيارات والمحركات والآلات البخارية ؛ وقد أوشك أن ينتهى عصر المصانع التى يحركها الفحم والبترول ، وبدأ عصر جديد للمصانع بطاقة الكهربا . وسيختفى معها عناء نقل الفحم والبترول واختزانه والحاجة إلى كميات ضخمة من المياه لتبريد الآلات والأجهزة المعقدة لقياس ضغط البخار . أما المصنع الكهربى فلن يحتاج إلى أكثر من التيار ولوحة تتحكم فى شدته وسيره ووقوفه .

والكهربا اليوم فى طريقها إلى كل مصنع ، وكل مدينة ، وكل بيت ، وكل حقل، فهى فى المنزل للإضاءة وطهى الطعام وإدارة الثلاجة والراديو والتلفزيون والمدفأة وآلات تكييف الهواء وغسل الثياب وتنظيف المنزل من الأتربة .

وهى فى المصانع تستخدم فى صناعات الغزل والنسج والسماد والماء الثقيل والمركبات الكيموية ، وفى صناعات الحديد والألومنيوم والمغنسيوم والصودا الكاوية والورق والمطاط واللدائن الزجاج ، وطحن الحبوب، ومصانع السيارات والطائرات . بل إنها تلك القوة السحرية التى أدخلت إلى العالم عصراً جديداً للألكترونات .

إن أكبر المصانع اليوم تديرها الكهربا بتوربينات يصل وزن الواحدة أحياناً إلى مئات الأطنان ، تدور مئات من اللفات فى الدقيقة . ولنا أن نتخيل مقدار الطاقة الضخمة الهائلة التى تستطيع دفعها .

إنها لقوة جبارة حقاً تلك التى ننتظر — فى رغبة وتلهف — أن نراها بعد أعوام قليلة تدير توربينات السد العالى وتولد للبلاد مليارات من الكيلوات .

وليس معنى ذلك أننا ننظر إلى البترول والفحم بعد ذلك نظرة عدم اهتمام ، بل بالعكس ، فإن عصراً جديداً لهذه الخامات سوف يجعلها تصبح ركناً هاماً من أركان نهضة البلاد فى المستقبل القريب .

إنها المواد الخام لصناعات كيميائية هامة كالنشادر والأسمدة والكحول المثيلى والشحوم والمذيبات العضوية واللدائن والأقمشة والأطلية والصبغات الصناعية ومبيدات الحشرات والعقاقير الطبية ؛ فالحاجة إليها أكثر وأكثر ، وكذلك البحث عنها .

لقد خرج العلماء من أبراجهم العاجية التقليدية إلى الصحارى والجبال ، وهم يؤكدون أنها زاخرة بالثروات والكنوز من الخامات والمعادن . . .

أما تلك القوة الكهربية التى سوف تغزو المصانع والمنازل وجميع أوجه الحياة ، فمن العسير تصور تلك الجهود العنيفة

والبحوث والكشوف التى قام بها أحياناً علماء مجهولون ، عاشوا حياة مليئة بالعمل الشاق والبذل والتضحية والصبر والمثابرة . فلم يكن أحد ليعرف عن الكهربا فى أواخر القرن الثامن عشر أكثر من إحداث شرارات كهربية .

ثم اخترع العالم الإيطالى « ڤولتا » البطارية عام ١٧٩٥ ولم تزد طاقتها عما تحتاج إليه المراسلات البرقية .

وجاء « فاراداى » ، ومن بين كشوفه المحوّل الكهربى الذى أفاد منه العلماء فيما بعد فى محطات توليد الكهربا .

وفى عام ١٨٦٩ اخترع « جرام » — نجار من بلچيكا — « الدينامو » أول مولد للكهربا . ولم يهتم به أحد فى ذلك الزمان ، إذ كان عصر البخار قد قفز بأوربا إلى عصر صناعى زاهر .

وجاء « إديسون » الملقب بالساحر وكشف عن المصباح الكهربى ، فتغيرت نظرة العلماء والناس إلى دينامو « جرام » ، وأدركوا أهميته البالغة للعهد الجديد . .

وبقيت هناك عقبة كان على العلماء التغلب عليها ، تلك هى نقل الطاقة الكهربية إلى أماكن بعيدة . وعثر المهندس الفرنسى « مارسيل دوبريه » على طريقة ينقل بها التيار فى سلك كما حدث فى نقل المراسلات البرقية ؛ وسخر منه الجميع ، إذ كانوا يجهلون القوانين التى وضعها الباحثون بعد التجارب الطويلة ومن أهمها « أن الطاقة الكهربية تتوقف على شدة التيار الذى يمر فى السلك ، على الفرق فى الجهد بين طرفيه » وأراد « دوبريه »

أن يثبت لهم إمكان نقل التيار ، فطلب إلى حكومته أن تضع خطاً من خطوط البرق تحت تصرفه لإجراء التجارب العملية مدة لا تزيد على الساعتين ، ولكنها لم تحفل بطلبه ، فسافر فى سنة ١٨٨٢ مع العالم المشهور « دارسونفال » إلى « ميونخ » أثناء المعرض الكهربى ، وحصل على إذن من ألمانيا بإجراء تجربته على أحد خطوط البرق بين « ميونخ » و « ميلزباخ » ، والمسافة بينهما سبعة وخمسون كيلومتراً ، وسافر « دوبريه » إلى « ميلزباخ » ووضع الدينامو عند مسقط مياه نهر صغير يمر بالمدينة فيحرك الدينامو . أما « دارسونفال » فقد ظل فى معرض ميونخ إلى جانب الطرف الآخر للسلك الذى وصله بمحرك لإدارة آلة تضخ الماء من حوض أعدّ لذلك ، ونجحت التجربة نجاحاً رائعاً إذ سرى التيار فى السلك تلك المسافة الطويلة ، ودار محرك المضخة وقام بعمله أمام أعين المتفرجين .

ولم يكن الطريق ممهداً أمام « دوبريه » لتحقيق حلمه بنقل التيار من مكان إلى آخر ؛ بل كان عليه أن يدخل عليه اختراعات علماء آخرين من أمثال « فاراداى » كمحول التيار و « فورنيرو » و « توربينه » .

وفى سنة ١٩٠٧ صمم العالم « بلونديل » مشروعاً كاملا لاستغلال مساقط مياه أحد الأنهار . وكان هذا العالم ملازماً فراشه يدرس ويبحث ويفكر ، وهو يسائل نفسه : لماذا ندع هذه القوة الطبيعية الهائلة تضيع هكذا هباء فى مياه البحار .

وقصة « بلونديل » ؛ جديرة بالذكر ، ففيها كفاح وتصميم . . .
أصيب فى عام ١٩٠٠ — وهو فى العشرين تقريباً — بشلل
الأطفال ، وبقى ملازماً فراشه حتى وفاته فى سنة ١٩٣٨ .

لقد تحول مرضه وعجزه عن الحركة إلى قوة هائلة دفعته
إلى النجاح . واختارته إحدى كليات الهندسة أستاذاً بها ،
ومع ذلك لم يذهب يوماً ليحاضر الطلبة ، وإن كانت بحوثه
ونظرياته والأجهزة البالغة الدقة التى أعدها بنفسه وهو طريح
الفراش — كانت مرجعاً لطلبة جامعته وغيرها من الجامعات .

كانت جميع البحوث والكشوف والمخترعات دليلا على
أن العلم لن يتقدم ولن يثمر أعظم الثمار إلا بتعاون العلماء .
إن واحداً من هؤلاء العلماء من أمثال « إديسون » أو « فولتا »
أو « فاراداى » أو « دوبريه » أو « جرام » أو « بلونديل » أو
غيرهم ، لم يكن ليصل بمفرده إلى كل هذا المدى البعيد الذى
بلغه بنا عصر الكهربا ، . فأقيمت السدود والخزانات فى سويسرا
وفى السويد والولايات المتحدة وكندا وروسيا والهند . . . وعرف
المهندسون أهمية البحيرات الصناعية لتخزين الماء للحصول على
طاقة الكهربا .

ففى عام ١٩٣٣ كان وادى نهر « التنسى » — أحد فروع
المسيسبى — يسير فى خطى سريعة بأهله البالغ عددهم أربعة
ملايين نحو الخراب والموت ، فالغابات قد أزيلت عن جهل
لاستغلال أخشابها ، وجرفت السيول والأمطار الأرض الخصبة

فى طريقها ، وتحولت إلى أرض قاحلة صحراوية تزداد انتشاراً واتساعاً كل يوم .

وكانت الأزمة الطاحنة تجتاح أمريكا والعالم كله فى تلك الآونة ، فأمر الرئيس الأسبق « روزفلت » بتكوين لجنة للإنقاذ ، وكان مشروع إحياء وادى التنسى فى مقدمة الأعمال التى أوصى بالتعجيل فى تنفيذها . وصدرت الأوامر إلى مصنع تديره الطاقة المائية ينتج المواد المتفجرة من النترات ، بأن يجعل إنتاجه أساساً لصنع السماد من أجل تخصيب الأرض بدلا من المتفجرات . وقاموا بزراعة الغابات الجديدة ، وبدأ التحكم فى جريان النهر الذى يبلغ طوله نحواً من ألف كيلومتر ، بإقامة تسعة سدود لتوليد أكثر من اثنى عشر ملياراً من الكيلوات — ساعة فى السنة . وأصبح وادى التنسى إحدى معجزات القرن العشرين ، بإحيائه مناطق شاسعة كان قد حكم عليها بالفناء ، وهى الآن نموذج للخصب والرخاء . يهرع إليه الملايين من أنحاء العالم ، ليقفوا على ما تستطيعه القوة البشرية إذا ما أرادت الخير والتعمير والسلام .

وفى سنة ١٩٥٧ أقام الروس سد « كويبيشيف » على نهر الفولجا ، مما رفع من مستوى ماء النهر ثلاثين متراً ، وينتج فى السنة ما يزيد عن عشرة مليارات من الكيلوات ساعة .

## السد العالى

فى التاسع من يناير عام ١٩٦٠ وضع الرئيس جمال عبد الناصر الحجر الأول فى بناء السد العالى . ومنذ ذلك اليوم والعمل الجبار يسير بخطى ثابتة . وسوف يكون أكبر سدود العالم قاطبة . وهو يقع على مسافة ستة كيلومترات جنوبى أسوان فى منطقة تحفها لحسن الحظ الصخور الجرانيتية . إذ سوف يتكون السد العالى من ركام هذه الصخور الجرانيتية بدلا من تلك الأبنية الهندسية الضخمة من الأسمنت المسلح فهى لا تصلح إلا فى السدود المتوسطة الحجم . إذ أن القشرة الأرضية معرضة فى كل مكان للاهتزازات أو التحركات التى قد تحدث تشققاً فى صميم بناء هائل كالسد العالى يحجز من ورائه مائة وخمسين مليار متر مكعب من الماء فى بحيرة يبلغ طولها ثلثمائة كيلومتر وعرضها خمسة كيلو مترات . أما الصخور الجرانيتية والطفل والرمال ومواد أخرى ، فتوضع بطرق فنية لتسد الثغور دون أن تمنع التحركات الخفيفة لتلك القطع الضخمة من الجرانيت والتى تبلغ نحواً من أربعين مليون متر مكعب أى ما هو أكثر ١٦ مرة من حجم الهرم الأكبر .

وسيكون ارتفاع السد عن مستوى سطح البحر ١٨٢ متراً ، ويقوم الألوف من الرجال الأقوياء بأعمال الحفر والنسف والنقل الميكانيكى والأعمال الفنية والهندسية فى حر الصيف القائظ ،

وفى كل الأجواء ، بهمة وحماسة عظيمين ، كى يمهدوا القنوات لتحويل مجرى النيل مؤقتاً ، والأنفاق لتركيب التوربينات ، وقد أنشئت الطرق الزراعية وخط حديدى يصل هذه المنطقة بأسوان ، وظهرت مدينة حديثة بمنازلها وطرقها ومتاجرها ووسائل الحياة فيها .

وسوف تغطى بحيرة « ناصر » وادى حلفا وعدداً من القرى والبلاد الصغيرة فى كل من القطرين الشقيقين : السودان ومصر ، لكنه قد أعد لسكانها مدن وقرى ومزارع نموذجية جديدة .

لماذا أنشىء هذا السد الجبار الذى قال عنه الرئيس جمال عبد الناصر : « إن السد العالى إنما هو حافز مستمر لكل الأمم فى أفريقيا وآسيا يذكرها دائماً أن الشعوب الصغيرة مهما تضاءل ما تملكه من معدات الدمار تستطيع أن تقوم بأعظم الأعمال الإنشائية . . . استطاع شعبنا أن يتصدى لبناء أكبر سد فى العالم وفى التاريخ . وإنه يفعل ذلك فى ظروف بالغة الصعوبة والمحاولات تبذل لحصاره . ولكن الشعب الصغير استطاع أن ينتصر .

إننا اليوم نشعر بالفخر . لأننا كافحنا ، وأثبتنا للعالم أجمع هذا الدرس الكبير ، وسنسير فى طريقنا نعتمد على الله وعلى وحدتنا وعلى أنفسنا والله الموفق » .

ذلك لتنظيم توزيع مياه النيل ، فلا يصبح الفيضان مصدر خطر سنوى داهم للقرى والمزارع وللمدن والسكك الحديدية ،

وحتى لا تتعرض البلاد لفيضانات أقل من المتوسط فلا تكفى مياهها رى الأراضى المنزرعة فتهدد البلاد بالقحط ، كما حدث فى بعض السنين . وأعظم ما سوف نجنيه من بنائه إضافة ملايين جديدة من الأفدنة بالأراضى الجدباء لتصبح أرضاً خصبة تحقق للملايين المقبلة الرخاء بازدهار زراعاتهم وصناعاتهم ، وتصبح « بحيرة ناصر » وهى أكبر بحيرة صناعية من نوعها فى العالم ، منطقة سياحية معتدلة الجو ، تحيط بها الموانىء الصغيرة والفنادق والبنسيونات الهادئة وحدائق الفاكهة والزهور ، ثم السفن والقوارب للنزهة وصيد السمك . ومن حولها تنمو الغابات وتمتد لتنقية هوائها من رمال الصحراء ، والتجول فى أنحائها متعة لها عشاقها الكثيرون .

ثم نجنى أكثر من عشرة مليارات من الكيلوات ساعة من الكهربا لمصانع الأسمدة وتنقية المعادن وتصنيعها . ومنطقة أسوان غنية بمناجم الحديد والمنجنيز والفوسفات والولفرام والتونجستين . وهناك مشروع آخر تجرى دراسته منذ أعوام يرمى إلى وصل البحر الأبيض بمنخفض القطارة بواسطة قناة عبر الصحراء ، فتتدفق المياه إلى المنخفض ، إذ أن الفرق بين مستواهما خمسون متراً . ويتحول إلى بحيرة مساحتها ثلاثة عشر ألفاً من الكيلومترات المربعة . سيتبخر جزء من مياه البحيرة فيلطف جو المنطقة ويسقط على أرض الصحراء من جديد على هيئة أمطار فيخصبها ويتيح زراعتها بالمراعى والمحاصيل . كما تقام

توربينات تستغل طاقة سقوط المياه لتوليد ملايارات أخرى من الكيلوات ، وتقام مصانع تقطير المياه المالحة لزراعة أراض أخرى جديدة ، وتنقى الأملاح – وهى كما رأينا ثروة عظيمة للبلاد .

سوف يحقق هذا المشروع تعمير المنطقة الواقعة بين الدلتا ومنخفض القطارة ، واستصلاح ملايين الأفدنة الأخرى ، عدا المناطق الجديدة التى سيحولها السد العالى من رمال صفراء إلى تربة خصبة . وسنحصل على الكهربا للإضاءة والصناعات الجديدة بثمن بخس .

وفى مؤتمر جنيف لاستغلال الطاقة اقترح الدكتور « باتلى » مندوب بورما إقامة سد عند مضيق باب المندب الذى يفصل المحيط الهندى عن البحر الأحمر وبذلك ينخفض مستوى سطح البحر لكثرة تبخر مائه بالحرارة الشديدة ؛ بمعدل ثلاثة أمتار ونصف فى السنة ، وبذلك يمكن الحصول عند مضيق باب المندب ، وعند مدخل قناة السويس ، على أكثر من تسعين ألف مليون كيلوات من الكهربا فى السنة . وقد ذكرت الصحف منذ أسابيع قليلة أن لجنة من هيئة اليونسكو من بين أعضائها خبراء مصريون سافرت لدراسة هذا المشروع والتأكد من فوائده العملية .

إن الكرة الآن قد تلقفتها أيدى الشرق العربى : خزانات وسدود ومئات المليارات من الكيلوات من الكهربا سوف تتدفق

من كل النواحى ، وطاقات أخرى من الشمس والرياح ، وثروات جديدة من الفحم والبترول يكشفها العلماء والمهندسون ، وأراض خصبة ، وثروات معدنية . . . وحياة جديدة تغزو الصحراء فتغير وجه العالم ، بل وجه التاريخ .

إنها لوحة رائعة بدأ تصويرها منذ أعوام قلائل . . . تبدو فى جزء منها أراضى الوادى الجديد —. . . كيف كان . . . تتخلل أراضيه المقفرة واحات صغيرة كانت فى طريقها إلى الزوال ، إذ كثيراً ما يشاهد أهلها وهم يهاجرون إلى مدن وادى النيل يعملون ، ثم يرسلون بعد ذلك فى طلب أسراتهم لتعيش معهم ؛ وإذا بروح جديدة تبعث فى قلب الصحراء حياة قوية جديدة . ليس فى الواحات فقط بل فى تربة كان يبدو سطحها لا حياة فيه ، وإذا بالماء يفيض من تحته . لم يكن فى حاجة إلى أكثر من الإرادة القوية والتصميم على الحياة والبقاء ، فظهرت تباشير الحياة ، وازدهرت ، وأخذت تنمو وتنتشر ؛ وسوف يأتى يوم يتصل الواديان بعضهما ببعض . . .

وترى فى اللوحة نفسها آلات جديدة جبارة تزحف على الأرض وتقلب ثراها ، وأخرى تدق الآبار الجوفية لتخرج الماء ، وسيارات كبيرة تنتقل فى طرق معبدة حديثاً كأنها من فعل ساحر . والمعجزة والسحر هنا هو التصميم على بعث الحياة وبعث القوة والعمل لخير الوطن مئات الأعوام إلى الأمام .

واللوحة لم ينته رسمها بعد . فنى كل يوم تضاف إليها

خطوط جديدة للخير والبركة ... منازل جديدة وزراعات جديدة وصناعات زراعية ومعدنية جديدة . . .

هذه هى اللوحة الخالدة للثورة العربية العلمية والصناعية والزراعية والاقتصادية والاجتماعية . .

تم طبع هذا الكتاب بالقاهرة
على مطابع دار المعارف
سنة ١٩٦٣